Gouvernement du Canada
Service canadien des forêts

Government of Canada
Canadian Forestry Service

FERIC
FOREST ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE OF CANADA
INSTITUT CANADIEN DE RECHERCHES EN GÉNIE FORESTIER

Rapport conjoint nº 6

Rapport FERIC nº SR-26

Évaluation des effets de l'exploitation par troncs entiers et par arbres entiers sur le rendement de trois scarificateurs

C. Rodney Smith, M. Ryans et J.-D. Leblanc

Rapport conjoint du Centre de foresterie des Grands Lacs
et de l'Institut canadien de recherches en génie forestier

87-05870/

Photo de couverture: En haut à gauche - Ébranchage manuel dans l'exploitation traditionnelle par troncs entiers.

En bas à gauche - Préparation du terrain avec un Brücke dans des rémanents très denses résultant de l'exploitation par troncs entiers.

En haut à droite - Ébrancheuse à flèche travaillant en bordure de la route en cours d'exploitation par arbres entiers.

En bas à droite - Préparation du terrain avec un scarificateur Leno dans des rémanents peu denses résultant de l'exploitation par arbres entiers.

ÉVALUATION DES EFFETS DE L'EXPLOITATION PAR TRONCS ENTIERS ET PAR ARBRES ENTIERS SUR LE RENDEMENT DE TROIS SCARIFICATEURS

RAPPORT CONJOINT DU CENTRE DE FORESTERIE DES GRANDS LACS
ET DE
L'INSTITUT CANADIEN DE RECHERCHES EN GÉNIE FORESTIER

C. RODNEY SMITH[1], M. RYANS[2] et J.-D. LEBLANC[1]

publié par le

CENTRE DE FORESTERIE DES GRANDS LACS
SERVICE CANADIEN DE FORÊTS
GOUVERNEMENT DU CANADA

1985

RAPPORT CONJOINT N° 6

RAPPORT FERIC N° SR-26

1 Agents forestiers
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
C.P. 490
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7

2 Chef de groupe
Mécanisation de la sylviculture
Institut canadien de recherches en génie forestier
143, Place Frontenac
Pointe-Claire (Québec)
H9R 4Z7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de catalogue Fo29-11/6F
ISBN 0-662-98670-1
ISSN 0381-7733

Institut canadien de recherches en génie forestier
Copyright 1985

Des exemplaires de cette publication
peuvent être obtenus sans frais à l'adresse suivante:

Services et Communications
Centre de foresterie des Grands Lacs
Service canadien des forêts
Gouvernement du Canada
C.P. 490
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7

This publication is also available in English under the title
Evaluation of the Effect of Tree-length and Full-tree Harvesting on the Performance of Three Scarifiers.

RÉSUMÉ

Dans le nord-est de l'Ontario, les auteurs ont évalué le scarificateur à disques TTS-35, le scarificateur Leno 77 et le Brächke Cultivator (double), afin de préciser les effets de l'exploitation par troncs entiers et par arbres entiers sur la productivité et la préparation des terrains. Ils ont comparé des secteurs traités une fois (arbres entiers) et d'autres traités deux fois (troncs entiers). Le double passage a fait tomber la productivité globale, mais la grande quantité de rémanents, qui est le fait de l'exploitation par troncs entiers, ne semble pas avoir joué de rôle sur la manoeuvrabilité des machines dans ces secteurs. Des facteurs comme l'expérience du conducteur, la puissance du véhicule moteur, le schéma de travail, le type d'attelage et les autres obstacles avaient plus d'incidence sur la productivité. La présence de rémanents dans les secteurs exploités par troncs entiers a vraiment nui à la préparation des terrains (facilité de plantage et préparation des semis), même après deux passages.

ABSTRACT

The TTS-35 Disc Trencher, Leno 77 Patch Scarifier and Brächke Cultivator (two-row) were evaluated in northeastern Ontario to determine the effects of tree-length and full-tree logging on their productivity and site preparation quality. Single passing on the full-tree areas was compared with double passing on the tree-length areas. Double coverage lowered overall productivity; however, heavy slash conditions associated with tree-length logging did not appear to influence maneuverability of the three machines on these areas. Factors such as operator experience, power of the prime mover, treatment pattern, hitch type and terrain obstacles other than slash had a much greater effect on productivity than did slash. Slash conditions on the tree-length areas clearly limited site preparation in terms of plantability and seedbed preparation, even with double coverage.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à souligner l'initiative, l'aide et la coopération du personnel des Produits forestiers E.B. Eddy Limitée qui a fourni les installations pour mener à bien cette étude. Nous voulons aussi remercier E. Vaida de l'Institut canadien de recherches en génie forestier et F. Foreman, J. Richenhaller et D. Kennington du Centre de foresterie des Grands Lacs (CFGL) pour leur aide technique ainsi que N. Bailey du CFGL pour son aide lors de la compilation des données.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
EMPLACEMENT	2
DESCRIPTION DES SCARIFICATEURS	5
Scarificateur à disques TTS-35	5
Scarificateur Leno 77	8
Bräcke Cultivator (double)	8
MÉTHODES	12
Évaluation avant le traitement	13
Étude chronométrique	13
Évaluation après le traitement	13
RÉSULTATS	14
Évaluation avant le traitement	14
Étude chronométrique	20
Évaluation après le traitement	28
Scarificateur à disques TTS-35	31
Scarificateur Leno 77	33
Bräcke Cultivator (double)	38
DISCUSSION	40
Études chronométriques	40
Scarificateur à disques TTS-35	40
Scarificateur Leno 77	42
Bräcke Cultivator (double)	42
Évaluation après le traitement	43
Scarificateur à disques TTS-35	43
Scarificateur Leno 77	44
Bräcke Cultivator (double)	45
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	47
Scarificateur à disques TTS-35	48
Scarificateur Leno 77	48
Bräcke Cultivator (double)	49
BIBLIOGRAPHIE	50
ANNEXES	53

INTRODUCTION

La sélection du système de coupe est une décision critique en gestion forestière car elle peut modifier la rentabilité globale de l'exploitation, le niveau et le type d'utilisation, et le succès des efforts de régénération.

Depuis son début au Canada vers la fin des années 60, la coupe par arbres entiers (AE) a augmenté au point d'atteindre en 1982-1983 26 % du volume total du bois exploité à l'est des montagnes Rocheuses (Anon., 1984). Par contre, la coupe par troncs entiers (TE) est passée de 92 % en 1970 à 63 % en 1982-1983.

La réduction de la quantité de rémanents associée à l'exploitation par AE qui élimine l'ébranchage et l'écimage à la souche est avantageuse à la fois pour l'exploitant et pour le sylviculteur. Pour le sylviculteur, l'exploitation par AE permet de réduire, et parfois d'éliminer, les problèmes de régénération liés aux rémanents (Haavisto, 1979). Les avantages toutefois sont atténués un peu par le fait que certains écosystèmes sont plus capables de supporter l'impact de l'exploitation par AE que d'autres. Morrison (1980) soutient qu'en retirant les rémanents et, par conséquent, en drainant les matières nutritives, on peut s'attendre à ce que les sols extrêmement minces, les sols à texture grossière excessivement drainés, les sols minéraux résistants à faible alcalinité ainsi que les sols pauvres en matières organiques, en faible capacité d'échange cationique ou en faible taux de saturation en bases soient sensibles à l'exploitation par AE.

Les Produits forestiers E.B. Eddy Limitée d'Espanola (Ontario) estiment avoir réalisé une économie de 8 à 10 % dans les frais d'exploitation en procédant à une coupe conventionnelle, avec débusquage et ébranchage mécanique des arbres entiers en bordure des routes au lieu de procéder à une coupe conventionnelle avec ébranchage et écimage à la souche et débusquage des troncs. En 1982, la société s'est montrée intéressée à connaître les effets des coupes par AE et par TE sur les opérations subséquentes de scarifiage. Elle a demandé au Centre de foresterie des Grands Lacs (CFGL) d'utiliser des méthodes d'évaluation normalisées pour évaluer le rendement de trois scarificateurs, le scarificateur à disques TTS-35, le scarificateur Leno 77 et le Bräcke Cultivator (double) après les deux types d'exploitation. La société souhaitait déterminer si les scarificateurs seraient efficaces après une coupe par AE et s'ils pourraient fonctionner sur des rémanents frais de coupe par TE. Elle a demandé à l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) de diriger les études. La société a fourni les emplacements, les

scarificateurs, les véhicules moteurs, les opérateurs, les surveillants et le soutien mécanique pour l'étude.

La densité des rémanents dépend fortement du système d'exploitation utilisé tandis que les autres variables de l'emplacement telles que le relief et l'état du sol sont la plupart indépendantes du système d'exploitation mais influent toutefois sur le rendement des scarificateurs. L'objectif premier de l'essai était d'identifier les principaux facteurs limitatifs de l'emplacement et d'isoler ainsi l'effet des rémanents. Le second objectif était d'évaluer les quantités de rémanents qui peuvent limiter la préparation de l'emplacement.

Un bref exposé des méthodes et des résultats obtenus est donné dans la section "Résumé et conclusions".

EMPLACEMENT

La zone étudiée se trouve approximativement à 1 km à l'est de Ramsay, en Ontario (figure 1), dans la section de Missinaibi-Cabonga de la partie ouest de la région B, 7 (2) de la forêt boréale (Rowe, 1972). Les Produits forestiers E.B. Eddy Limitée détiennent les droits d'exploitation forestière dans le cadre d'une entente d'aménagement forestier.

Avant l'exploitation, la zone était surtout peuplée de pins gris (Pinus banksiana Lamb.) d'emplacement de première classe (Plonski, 1974) avec, en quantités variables, des épinettes noires (Picea mariana (Mill) B.S.P.), des peupliers (Populus spp.) et des bouleaux à papier (Betula papyrifera Marsh.). L'âge du peuplement était de 70 ans environ. Seuls le pin gris et l'épinette étaient exploités, et les feuillus étaient laissés comme résidus sur pied. L'exploitation a duré quatre mois en 1982, et la scarification a été faite immédiatement après. Les rémanents contenaient encore des feuilles au moment du traitement (figures 2 et 3). Normalement, il est préférable d'attendre plus longtemps pour permettre au feuillage de tomber et aux rémanents de devenir plus cassants.

La zone est constituée de moraines glaciaires avec ici et là des affleurements rocheux. Un sable fin limoneux, d'origines fluviale et éolienne, recouvre d'une couche très peu profonde un terrain plus ou moins ondulé, dont les pentes atteignent 15 %.

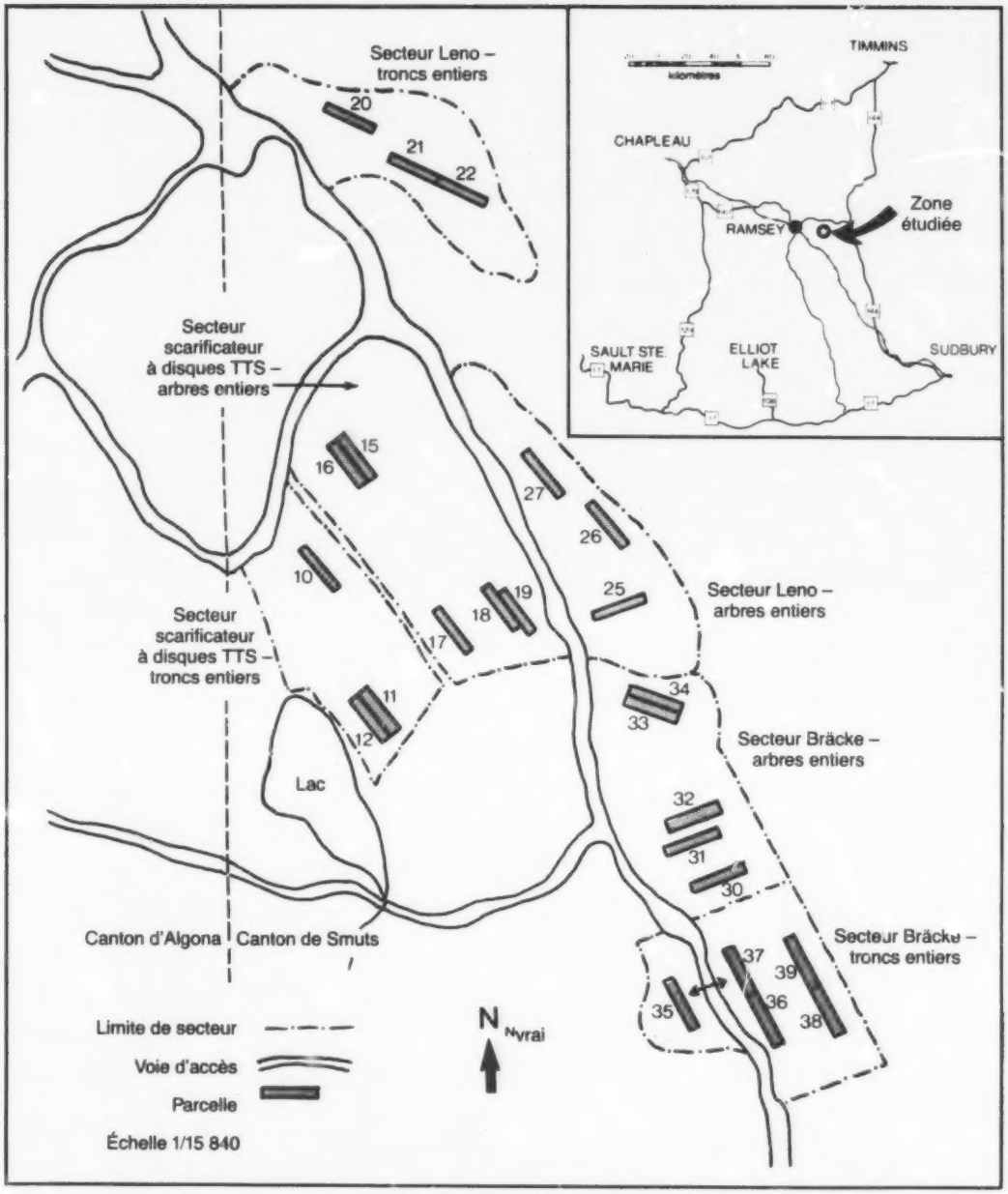


Figure 1. Emplacement général de la zone étudiée et emplacement approximatif des parcelles de 20 m sur 100 m à l'intérieur des secteurs traités dans le canton de Smuts.

Figure 2. État caractéristique des rémanents sur un emplacement exploité par AE.

Figure 3. État caractéristique des rémanents sur un emplacement exploité par TE.

Pour comparer convenablement le rendement de l'équipement dans des rémanents résultant des deux systèmes différents d'exploitation, il faut limiter les variables touchant les autres facteurs de l'emplacement comme la pente, l'empilement résiduel, l'épaisseur du sol. En réalité, l'emplacement était suffisamment variable pour qu'il soit impossible de vérifier tous les outils dans des conditions semblables de sorte que les comparaisons entre les outils n'ont pas été faites. Toutefois, il a été possible d'établir des paires semblables de polygones de sorte que les comparaisons puissent être faites entre les systèmes d'exploitation pour chaque outil à évaluer.

DESCRIPTION DES SCARIFICATEURS

La figure 4 montre les positions de travail et de déplacement, y compris les dimensions hors-tout, des trois scarificateurs et des véhicules moteurs. Des spécifications supplémentaires sont données à l'annexe A.

Scarificateur à disques TTS-35

Le modèle TTS-35 est un scarificateur à disques mécanique conçue pour créer deux sillons continus séparés d'environ 2 m. Deux disques passifs sont montés en dessous d'un bâti triangulaire (figure 5). Lorsque la machine avance, les disques tournent, chassant les débris et le sol vers l'extérieur.

L'angle des disques et le poids du scarificateur déterminent à la fois la capacité des disques de pénétrer le sol et la largeur et la profondeur du sillon. L'angle des disques peut être changé par 5 augmentations de 6° ou par des augmentations de 30° si des réglages fins ne suffisent à donner des résultats satisfaisants. Le poids peut être augmenté en chargeant la boîte du bâti triangulaire.

Le TTS est tiré par une débardeuse à grappin International S-10 de 92 kW. Le scarificateur à disques a été modifié pour être monté sur la débardeuse avec un attelage "Bräcke" (figure 6). L'attelage permet de relâcher l'instrument tout en laissant le câble du treuil se dérouler librement. Lorsque la pente ou l'obstacle est dépassé, l'instrument peut être ramené au treuil et la zone, scarifiée.

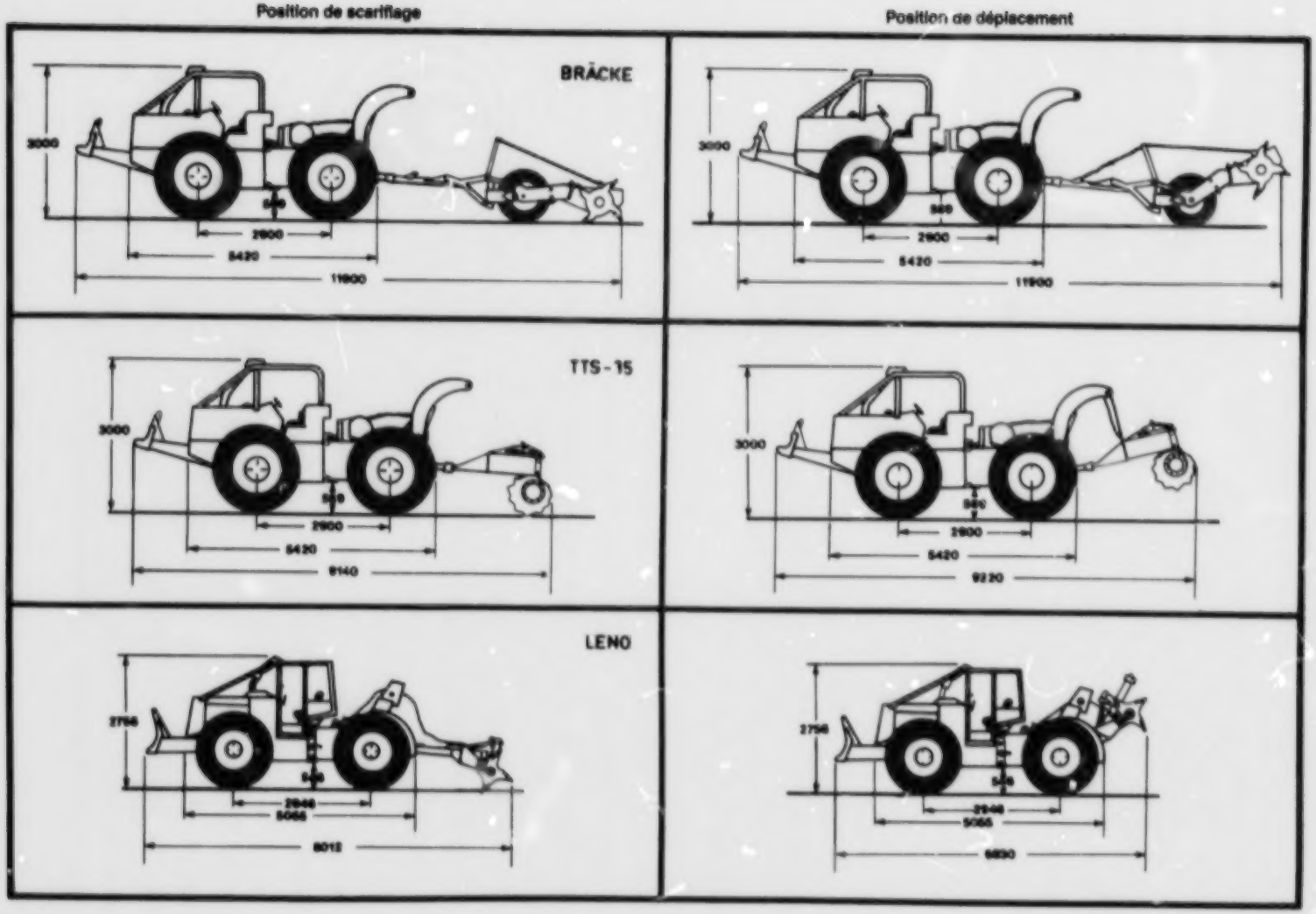


Figure 4. Dimensions hors-tout (mm) et positions de travail des scarificateurs.

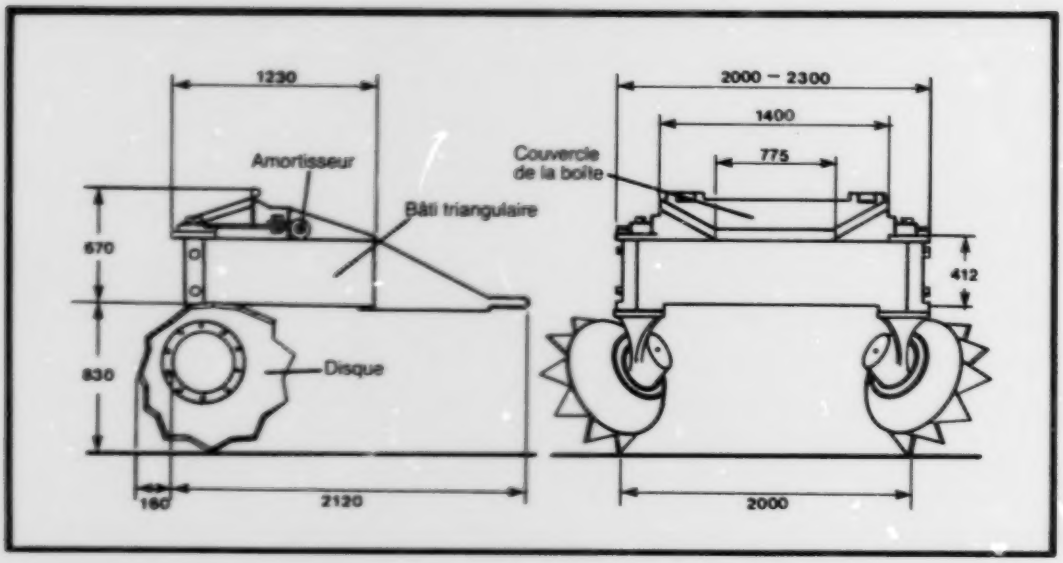


Figure 5. Principaux éléments et dimensions (mm) du TTS-35. (Adapté de Friberg, 1975.)

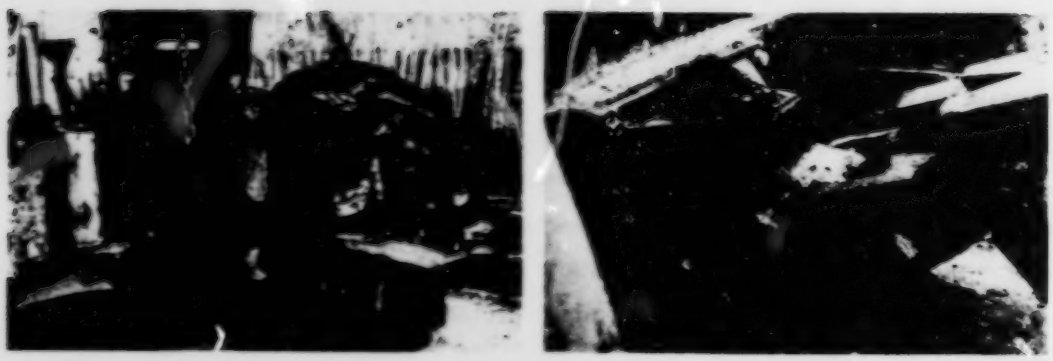


Figure 6. Attelages utilisés avec les scarificateurs.

Gauche: Attelage Bräcke utilisé à la fois avec le Bräcke et le TTS.

Droite: Leno attaché directement à l'arrière de la débardeuse par un attelage articulé.

Pour les longs déplacements le TTS a été relevé au moyen d'un câble rattaché à l'arceau à grappins (figure 7). Les cylindres qui soulèvent et abaissent l'arceau ont été utilisés pour soulever le TTS. Dans cette position le TTS était instable.

Scarificateur Leno 77

Le scarificateur Leno 77 produit deux bandes de placettes scarifiées séparées d'environ 1,8 m. Il est formé de deux roues à socs montées sur un essieu. L'essieu glisse vers le haut ou vers le bas sur un timon tubulaire (figure 8). Le timon est relié à l'arrière de la débardeuse au moyen d'un joint articulé et d'une plaque de montage (figure 6).

Chaque roue a quatre paires de socs scarificateurs. Les socs sont bloqués hydrauliquement en position de scarifiage et produisent une bande lorsqu'ils s'enfoncent dans le sol, traînés par le tracteur. Après un temps de scarifiage préétabli, la roue tourne d'un quart de tour jusqu'à ce que la prochaine paire de socs soit bloquée en position. On peut modifier le temps de scarifiage par un simple réglage du système hydraulique interne, pour obtenir la longueur désirée de la placette. Les socs sont débloqués automatiquement à la moindre surcharge contre un obstacle comme un caillou ou une souche.

Le Leno peut être relevé par le treuil du tracteur pour les manoeuvres ou les déplacements. En position relevée, l'essieu est maintenu en place près du joint articulé par une cheville et une manille. En position de scarifiage, l'essieu glisse jusqu'à l'extrémité du timon.

Le Leno était tiré par une débardeuse à câble Timberjack 350 Turbo ayant une puissance nominale de 82 kW (figure 9).

Bräcke Cultivator (double)

Le Bräcke Cultivator (double), comme le Leno, produit deux bandes de placettes scarifiées espacées d'environ 2 m. Il est composé de deux bâtis en forme de boîte et d'un timon monté sur un bâti d'attelage triangulaire (figure 10). Chaque bâti supporte un pneu en caoutchouc et une roue à socs. Une transmission par chaîne avec un engrenage

Figure 7. TTS maintenu en position relevée de transport par l'arceau.

intermédiaire en aval du pneu fait tourner la roue à socs. Le Bräcke est relié à l'arrière du tracteur par le système d' attelage à chaînes "Bräcke" (figure 6).

Les roues à socs tournent dans la même direction que les pneus mais plus lentement. Ainsi, chaque paire de socs creuse le sol jusqu'à ce qu'elle soit relevée par rotation. Ceci crée une série de bandes scarifiées séparées par des intervalles non perturbés.

La longueur des bandes et leur nombre par hectare peuvent être modifiés en changeant le rapport de démultiplication des engrenages ou en faisant passer le nombre de socs de quatre à cinq par roue. L'appareil étudié était réglé sur le pignon standard à 17 dents et avait des roues à quatre socs.

Les principaux éléments du Bräcke sont reliés au moyen d'articulations à pivot. Ceci permet à chaque partie de bouger indépendamment à la fois horizontalement et verticalement. Ainsi, pour éviter des obstacles, les roues à socs peuvent pivoter vers le haut ou les contourner en glissant. Avec le système à pivot, les roues à socs peuvent aussi

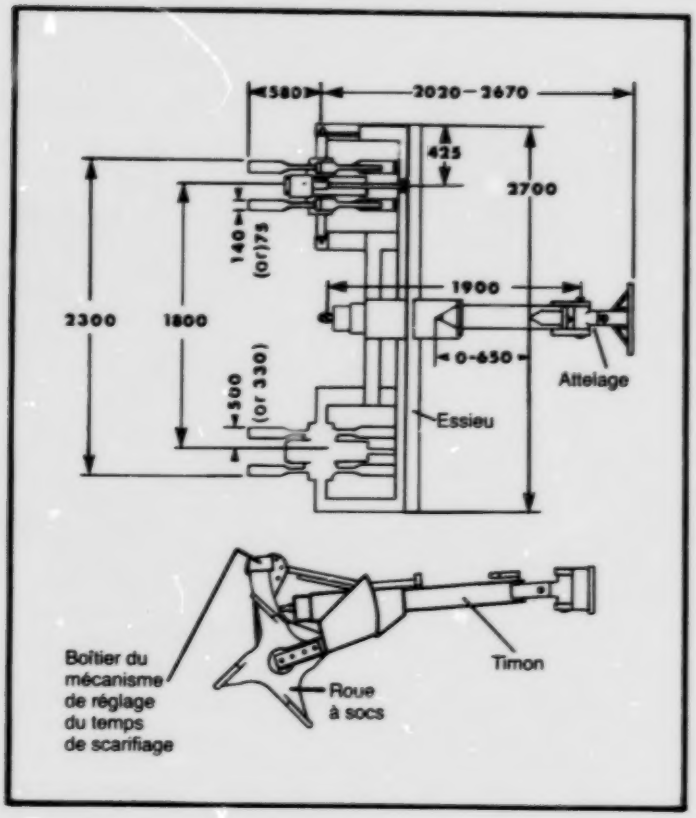


Figure 8. Principaux éléments et dimensions (mm) du Leno 77. (Adapté de Friberg, 1975.)

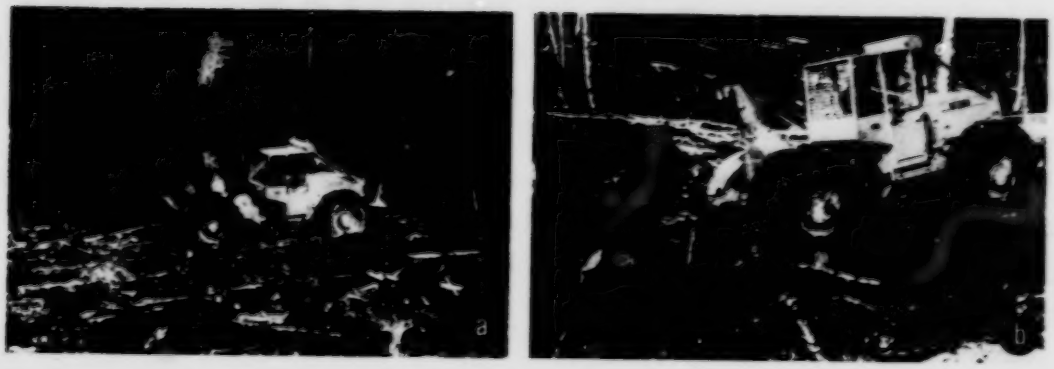
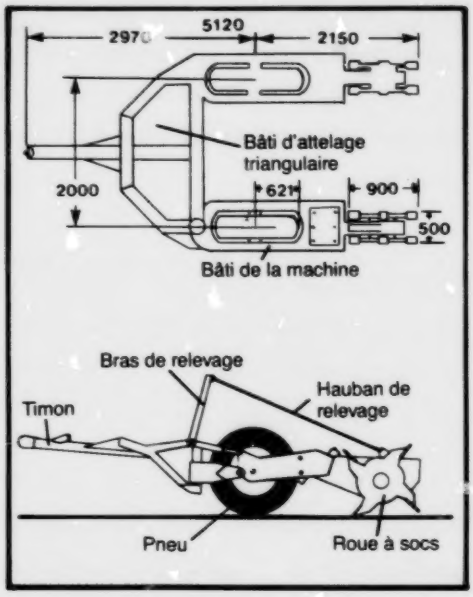


Figure 9. Positions de travail du Leno.

a) Position relevée pour les manoeuvres ou les déplacements.

b) Position abaissée pour le scarifiage.

Figure 10. Principaux éléments et dimensions (mm) du Bräcke Cultivator (Adapté de Friberg, 1975.)



a) Position de scarifiage.

b) Bräcke relâché devant un obstacle ou pour un virage ou une manoeuvre.

c) Roues à socs relevées pour les longs déplacements.

Figure 11. Positions de travail du scarificateur Bräcke.

être relevées pour les déplacements, tandis que le Bräcke roule sur ses pneus de caoutchouc. Pour les déplacements, le câble du treuil est relié aux chaînes de relevage et, par l'intermédiaire de bras et de haubans de relevage, les roues à socs sont relevées lorsque le treuil est actionné (figure 11). Le câble du treuil est fixé au timon pendant le scarifiage.

Le Bräcke est tiré par la même débardeuse à grappin International S-10 que le TTS.

MÉTHODES

L'étude a consisté en une évaluation avant le traitement de l'emplacement, en études chronométriques dans des conditions d'exploitation normale et en une évaluation qualitative et quantitative après le traitement des résultats de la préparation du terrain par rapport à des normes prédéterminées.

Les essais ont été faits comme s'il s'agissait d'une opération régulière de scarifiage par postes de huit heures par jour avec le moins d'intervention possible de la part de l'équipe de chercheurs. La débardeuse utilisée pour tirer le Bräcke et le TTS a été conduite par le même conducteur. Un conducteur différent a été utilisé pour la débardeuse du Leno.

Les secteurs de coupe par AE ont été scarifiés en une seule fois. Pour obtenir le meilleur scarifiage possible, les secteurs de coupe par TE ont été scarifiés en deux passages à l'exception d'environ 27 % du secteur TE Bräcke qui n'a été scarifié qu'en une seule fois. Cette dernière zone était une crête présentant des pentes de 10 à 30 %.

L'objectif de la préparation du terrain était de produire des microemplacements pour le plantage de semis de pin gris en récipients à l'aide de tubes à planter Pottiputki.

Évaluation avant le traitement

Avant le scarifiage, trois à cinq parcelles témoins de 0,2 ha ont été choisies dans chaque secteur pour fins d'évaluation avant et après le traitement (figure 1). Les facteurs de l'emplacement susceptibles d'influer sur le passage des instruments et sur les aspects

quantitatif et qualitatif du scarifiage ont été évalués selon la méthode courante d'évaluation de l'équipement du CFGL (annexes B et C).

Étude chronométrique

Des études chronométriques continues ont été faites dans chaque secteur pour évaluer la productivité, le rendement et les caractéristiques de fonctionnement des trois instruments (annexes B et D). La vitesse moyenne des déplacements a été déterminée en chronométrant le passage des instruments sur les mêmes parcelles témoins. La consommation de carburant a été mesurée.

Évaluation après le traitement

La facilité de plantage a été évaluée en fonction de normes fournies par E.B. Eddy en consultation avec le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario et le CFGL. La disponibilité des lits de germination, réceptifs pour le pin gris a été comprise dans l'évaluation de la perturbation du sol (annexes B et E).

Pour aider à isoler l'effet limitatif des rémanents et à déterminer les densités de rémanents qui peuvent nuire à la préparation du terrain, des coefficients de corrélation ont été introduits, et une régression linéaire par étape a été faite sur un sous-lot entre les résultats du traitement et toutes les variables de l'emplacement mesurées dans les sous-parcelles avant le traitement, à l'exception de la pente qui n'est pas un facteur limitatif dans les parcelles témoins. Quelques parcelles dispersées ont été examinées. Lorsque de fortes tendances non linéaires étaient observées, des équations ont été établies par régression non linéaire.

Puisqu'un objectif de l'étude était d'évaluer l'équipement dans des conditions normales de fonctionnement, on a supposé que les scarificateurs fonctionnaient comme prévu. Par conséquent, les mesures utilisées dans les analyses de régression n'ont pas été ajustées pour tenir compte d'écarts possibles dus à des facteurs tels des espacements imprécis. (Des commentaires sur ce facteur sont donnés dans le chapitre "Résultats".) Il faut interpréter avec prudence les coefficients de corrélation et les équations de régression linéaire fournies puisque la condition de base de linéarité peut ne pas avoir été

respectée. De plus, la taille des échantillons était relativement petite (15 à 25 sous-parcelles).

RÉSULTATS

Évaluation avant le traitement

Les tableaux 1 à 5 résument les conditions de l'emplacement avant le traitement. Le volume total de rémanents était approximativement le même dans les deux secteurs TTS (tableau 1). Toutefois, les rémanents dans le polygone TE formaient surtout un tapis relativement épais de branches et de cimes de conifères. Le secteur AE contenait peu de petits rémanents de conifères de la taille d'une branche, mais beaucoup de feuillus de gros diamètre.

Les volumes totaux de rémanents dans les deux secteurs Leno étaient tout à fait différents, le secteur TE était encore recouvert d'un tapis relativement épais de branches et de cimes de conifères, tandis que le secteur AE présentait une densité de rémanents relativement plus faible.

Les volumes totaux de rémanents dans les secteurs Brücke étaient généralement semblables à ceux des deux secteurs Leno. La proportion de feuillus était un peu plus élevée dans le secteur AE que dans le secteur TE. Toutefois, la proportion de grosses tiges de feuillus n'était pas aussi grande dans le secteur AE Brücke que dans le secteur AE TTS.

Les souches étaient rares et grosses dans le secteur AE TTS, et nombreuses et petites dans le secteur TE Leno (tableau 2). Dans le secteur TE TTS, les souches étaient en général les plus hautes. Le nombre et la taille des souches étaient généralement semblables dans tous les autres secteurs. Les nombres de souches de conifères et de souches de feuillus était relativement égaux sauf dans le secteur TE TTS où la proportion de souches de feuillus était plus élevée.

L'inégalité du sol[1] (Anon., 1969) était relativement la même dans tous les secteurs (tableau 3). Il y avait peu de blocs rocheux et de pierres en surface.

Tableau 1. Évaluation des rémanents

Traitement		Nombre de morceaux par longueur de 20 m		Diamètre			Profondeur		Volume					Surface couverte (distribution spatiale)	
				Moyenne	Intervalle		Moyenne	Intervalle	Moyenne	Intervalle	Moyenne	Intervalle		Conifères	Feuillus
		1-5 cm	5 cm	5 cm (cm)		Longueur moyenne (m)	cm		1-5 cm m/ha		5 cm (m^3/ha)		Total (m^3/ha)	(%)	
		X	X	X		X	X		X		X		X		
TTS:	tronc entier	59,0[a]	14,4[a]	9,2[a]	6 - 26	5,0[a]	26,2[a]	0 - 200	12,7[a]	0 - 45,1	75,5	0 - 584,9	88,2	88,5	11,5
	arbre entier	21,0[a]	10,4[a]	11,1[a]	6 - 46	3,6[a]	10,4[a]	0 - 115	4,5[a]	0 - 21,5	79,4	0 - 1387,0	83,9	69,8	30,2
Leno:	tronc entier	51,2[a]	12,7[a]	9,7	6 - 24	3,5	18,0[a]	0 - 95	11,0[a]	0 - 79,4	72,7	0 - 666,4	83,7[a]	92,9	7,1
	arbre entier	21,4[a]	9,0[a]	9,8	6 - 26	3,7	8,6[a]	0 - 75	4,6[a]	0 - 21,5	53,4	0 - 772,5	58,0[a]	87,4	12,6
Brücke:	tronc entier	49,6[a]	14,1[a]	9,6[a]	6 - 24	3,9	20,2[a]	0 - 175	10,7[a]	0 - 73,0	76,9[a]	0 - 560,2	87,6[a]	93,6	6,4
	arbre entier	25,5[a]	7,9[a]	10,8[a]	6 - 28	4,0	10,2[a]	0 - 140	5,5[a]	0 - 25,7	57,4[a]	0 - 567,0	62,9[a]	79,0	21,0

[a]Dénote une différence significative (p = 0,05) entre les valeurs AE et TE à l'intérieur de chaque traitement, pour les seules colonnes marquées par un X.

Tableau 2. Évaluation des souches

Traitement		Fréquence (nbre/ha)	Hauteur		Diamètre		Distribution par espèces				
			Moyenne	Intervalle	Moyenne	Intervalle	Pin gris	Épinette noire	Bouleau gris	Peuplier	Autres ou inconnus
			(cm)		(cm)		(%)				
		X	X		X						
TTS:	tronc entier	1600	38,2[a]	12 - 86	19,0[a]	6 - 34	30,3	55,5	8,0	0,5	5,7
	arbre entier	1430	31,6[a]	10 - 86	21,5[a]	4 - 46	26,6	57,1	4,8	0,2	11,3
Leno:	tronc entier	1718	33,7[a]	12 - 80	17,4	4 - 34	31,7	57,4	1,9	0,5	6,7
	arbre entier	1683	30,8[a]	6 - 80	18,5	6 - 42	38,2	49,8	2,0	0,0	10,0
Brăcke:	tronc entier	1645	30,5	8 - 72	19,6	6 - 38	34,0	53,0	4,4	0,0	8,6
	arbre entier	1710	32,3	12 - 98	19,7	6 - 38	30,2	53,4	3,8	0,0	12,6

[a]Dénote une différence significative (mais peu élevée: p = 0,05) entre les valeurs TE et AE à l'intérieur de chaque traitement pour les seules colonnes marquées d'un X.

Tableau 3. Évaluation de l'humidité du sol, de l'état du terrain de de l'inégalité du sol

Traitement		Épaisseur de sol				Épaisseur moyenne de sol minéral[a] (cm)	Épaisseur moyenne au-dessus du sol minéral (litière feuillue) (cm)	Contenu en roches[b] (%)	Texture du sol[c]	Humidité du sol[d]	État du terrain[e]	Inégalité du sol[e]
		0-2,5 cm	2,5-12,5 cm	12,5-30 cm	+30 cm							
		%										
TTS:	tronc entier	42,9	7,7	14,0	35,6	15,7[f]	11,3	19,7	sable silteux	frais, frais-humide (sec-frais, mouillé)	2(3)	3(2)
	arbre entier	7,6	9,4	14,4	68,6	27,3[f]	10,5	18,8	sable fin silteux	frais	2	2(3)
Leno:	tronc entier	18,3	14,0	20,0	47,7	21,4	13,7[f]	32,0	sable fin silteux	frais	2(3)	3(2)
	arbre entier	33,7	15,7	12,3	38,3	16,6	10,7[f]	19,3	sable fin silteux	frais frais-humide, humide-mouillé)	2	3(2)
Brăcke:	tronc entier	16,2	13,2	12,2	58,4	23,6[f]	10,3	23,6	sable fin silteux	frais (frais-humide, humide-mouillé)	2(3)	3(2)
	arbre entier	31,6	16,0	15,0	37,4	17,0[f]	11,7	26,2	sable fin silteux	frais		

[a]Épaisseur de sol: 35 cm a été noté 35 cm. La moyenne est pour une zone de 0 à 35 cm.
[b]Une barre en acier a été enfoncée dans le sol à tous les 2 m le long des transversales dans chaque sous-parcelle. Toute pierre ou tout rocher rencontré dans les premiers 30 cm du sol minéral a été noté, et une fréquence en pourcentage a été inscrite pour chaque sous-parcelle.
[c]Selon le manuel pratique de description des sols de Belisle (1980).
[d]Les catégories entre parenthèses représentent 10 % de la zone échantillonnée.
[e]Les catégories entre parenthèses représentent 10 % de la zone échantillonnée. L'inégalité du sol tient compte des couches ainsi que des roches en surface, des cailloux, des souches retournées et des dépressions.
[f]Dénote une différence significative ($p = 0,05$) entre les valeurs TE et AE à l'intérieur de chaque traitement pour les seules colonnes marquées d'un X.

Tableau 4. Évaluation de la pente[a]

Traitement		-25 à -11	-10 à -6	-5 à -1	0 à +5	+6 à +10	+11 à +25	Total	Nombre de segments de 20 m échantillonnés[b]
		(%)							
TTS:	tronc entier	0	1	43	52	2	2	100	109
	arbre entier	1	1	34	50	6	1	100	100
Leno:	tronc entier	3	3	37	39	14	4	100	145
	arbre entier	3	2	37	52	3	3	100	90
Bräcke:	tronc entier	0	2	32	56	9	0	100	205
	arbre entier	8	14	24	28	16	10	100	135

[a]Pourcentage de passages de 20 m de long pour chacune de six classes de pentes. Les pentes sont mesurées dans la direction d'avancement.

[b]Le nombre de segments dans les secteurs TE est supérieur à celui dans les secteurs AE, les instruments ayant été passés deux fois dans les premiers. Le secteur TE TTS comportait trois parcelles avec double passage, tandis que le polygone AE comportait cinq parcelles avec un seul passage.

Tableau 5. Évaluation du matériel sur pied résiduel

Traitement		Densité[a] (Nbre/ha)	Matériel sur pied[b] (%)	DHP moyen (cm)	Intervalle de DHP (cm)
TTS:	tronc entier	57,5	1,7	11,3	6 - 14
	arbre entier	85,0	2,2	18,2	6 - 34
Leno:	tronc entier	25,0	0,7	9,0	6 - 12
	arbre entier	0,0	0,0	-	-
Bräcke:	tronc entier	15,0	0,2[c]	10,5	6 - 14
	arbre entier	55,0	1,8[c]	16,2	8 - 20

[a] Tiges de 5 cm de dhp et de 1,5 m de hauteur.
[b] Matériel sur pied dans des quadrats de 4 m^2.
[c] Dénote une différence significative (p = 0,05) entre les valeurs TE et AE à l'intérieur de chaque traitement.

Les profondeurs de sol minéral étaient très variables (tableau 3). Les sols les moins profonds se trouvaient dans le secteur TE TTS. La profondeur de sol dans 43 % du secteur était inférieure à 2,5 cm. De même, la profondeur moyenne des sols était faible dans les secteurs AE Leno et Bräcke, bien que certains pourcentages dans la catégorie des sols les moins profonds étaient bien inférieurs. Les sols dans les autres secteurs étaient généralement plus profonds. Le contenu en pierres dans les premiers 30 cm de sol était le plus élevé dans les secteurs TE Leno et AE Bräcke. Les autres secteurs contenaient moins de pierres et étaient généralement semblables à cet égard (tableau 3). La profondeur moyenne de la litière au-dessus du sol minéral était la plus grande dans le secteur TE Leno, mais généralement semblable dans tous les secteurs (tableau 3).

En grande partie, l'état du sol[1] (Anon., 1969) était de deuxième classe dans tous les secteurs; dans 10 % de la zone étudiée, elle était de troisième classe dans les secteurs TTS, Leno et TE Bräcke (tableau 3), indiquant la présence de poches de terrain humide à mouillé au moment du passage des instruments.

[1] L'inégalité du sol est mesurée de 1 à 5, 1 étant une surface très régulière et 5 une surface très irrégulière. (D'après le système de Skogsarbeten, Suède.)

Le terrain à l'intérieur des parcelles échantillonnées était généralement de plat à légèrement en pente. Sauf dans le secteur AE Bräcke, 75 % des déplacements des scarificateurs dans les parcelles se sont faits sur des pentes de -5 à +5 % (tableau 4). Dans ce secteur seulement, 52 % des déplacements ont eu lieu sur ce type de pente douce.

Le matériel sur pied résiduel était le plus abondant dans le secteur AE TTS et dans certaines parties des secteurs TE TTS et AE Bräcke (tableau 5). Dans ce dernier, le matériel sur pied était beaucoup plus abondant que dans le secteur TE Bräcke. Toutefois, les nombres relatifs dans chaque cas étaient faibles. On pense que les valeurs tendent à sous-estimer les conditions moyennes dans ces secteurs. Le peu de broussailles et de végétation résiduelles n'a pas nui au fonctionnement du matériel.

Étude chronométrique

Chaque secteur a nécessité de 1 1/2 à 4 jours de traitement selon les délais et la productivité. Les passages doubles dans la plupart des secteurs TE ont nécessité beaucoup plus de temps. L'annexe D donne le détail du temps total prévu pour chaque secteur, en éléments de temps par poste, y compris les principaux retards et réparations (15 min). Les éléments de temps sont définis selon Bérard et coll. (1968). L'annexe D donne aussi les formules de temps machine.

Le tableau 6 résume les éléments de temps à l'intérieur des heures-machine productives (HMP) de l'étude chronométrique continue ainsi que le nombre moyen de minutes par hectare pour chaque élément de temps dans les six zones. Les éléments de temps sont définis à l'annexe D. Le temps productif effectif TPE varie entre 53 et 68 % du nombre d'HMP. Avec le Bräcke et le TTS, une partie de ce temps a servi à tirer l'instrument au treuil.

Les manoeuvres ou les virages entre les passages prenaient 13 % du temps avec le Leno dans les polygones TE à 21 % du temps avec le Bräcke dans les polygones AE.

---

[1] L'état du sol indique sa praticabilité en fonction du type de sol, de son contenu en eau et en pierres ou cailloux. Sur une échelle de 1 à 5, un emplacement de deuxième classe signifie que la praticabilité y est de très bonne à moyenne. (D'après le système de Skogsarbeten, Suède.)

Tableau 6. Résumé des éléments de temps

Traitement		Temps productif observé																
		Temps productif effectif				Déplacement		Manoeuvre (virage)		Obstruction				Sous-total (%)	Retard[a]		Total	
		Scarifiage		Avance	Treuil					Instrument		Tracteur						
		(%)	(min/ha)	(%)		(%)	(min/ha)	(%)	(min/ha)	(%)	(min/ha)	(%)	(min/ha)		(%)	(min/ha)	(%)	(min/ha)
TTS:	tronc entier	59,7	56,5	(84)	(16)	1,9	1,9	17,1	17,7	3,3	3,3	12,0	12,4	88,9	11,1	11,5	100	103,3
	arbre entier	53,3	49,3	(82)	(18)	2,9	2,7	13,5	12,4	3,1	2,8	15,7	14,5	88,5	11,5	10,6	100	92,4
Lenoir:	tronc entier	67,8	88,7	(100)	-	1,4	1,8	13,0	17,0	0,2	0,2	4,9	6,5	87,3	12,7	16,6	100	130,8
	arbre entier	54,9	80,9	(100)	-	2,8	4,2	17,2	25,4	0,1	0,1	7,4	10,9	82,3	17,7	26,1	100	147,5
Brücke:	tronc entier	58,5	68,3	(87)	(13)	2,2	2,6	14,6	17,1	0,5	0,6	10,8	12,6	86,6	13,4	15,7	100	116,9
	arbre entier	54,9	46,4	(87)	(13)	3,5	3,0	21,4	18,1	0,3	0,3	8,2	7,0	88,3	11,7	9,9	100	84,5

[a]Ne sont inclus ici que les retards allant de 0,05 à 15 min. Ceux qui sont inférieurs à 0,05 min ont été inclus dans l'élément où ils ont lieu, tandis que ceux dépassant 15 min n'ont pas été considérés comme du temps productif et donc ont été exclus de l'échantillon.

Le tableau 7 détaille le temps pris pour les manoeuvres en indiquant les types de virages et les temps moyens par virage. Les temps moyens par virage étaient semblables avec les trois machines bien que le Leno soit plus court et plus facile à soulever du sol. Toutefois, l'utilisation du treuil a été laborieuse; l'opérateur a souvent mis jusqu'à 25 cmin pour soulever le Leno. La fréquence des virages a été la plus élevée avec le Leno sur l'emplacement AE où la distance était la plus courte par passage et où le conducteur avait tendance à revenir sur des petites zones oubliées. Sur l'emplacement AE, le Bräcke a aussi nécessité beaucoup de virages à cause du relief accidenté, ce qui s'est traduit par un pourcentage élevé du temps total en "manoeuvres" et un faible TPE d'un virage à l'autre.

Les retards dus au contournement des "obstacles" par les instruments ont été peu nombreux (tableau 8) et très rares avec le Leno. Les retards de ce type ont été plus nombreux avec le TTS, mais ils ont toutefois été inférieurs à trois par hectare.

Les deux principaux obstacles rencontrés par le TTS étaient les souches et les arbres résiduels. Pour occasionner un retard, tous les disques devaient heurter un obstacle au même moment. Comme il n'y avait aucun moyen de soulever le TTS avec le treuil du Bräcke, libérer l'instrument une fois qu'il était pris était difficile; le conducteur devait faire faire demi-tour à la débardeuse en laissant le treuil se dévider librement, puis pousser la souche ou le disque pour le libérer.

Les obstacles n'ont pas beaucoup nui au fonctionnement du Bräcke. Les socs restaient régulièrement coincés sous un caillou ou une souche, les roues du tracteur tournant alors à vide. On parvenait toutefois à libérer facilement l'instrument en le ramenant au treuil après avoir laissé le câble se dérouler librement. Les retards les plus longs avec le Bräcke ont été causés par des arbres résiduels, des chablis ou des bois ronds bloquant les roues à socs simultanément de sorte que le conducteur était obligé de retirer manuellement l'obstacle. Les retards causés par ces obstacles sont indiqués dans le tableau 8 qui illustre le temps total d'obstruction.

Les retards dus à des causes d'obstruction ont été plus fréquents que ceux qui étaient reliés aux instruments. La principale cause d'obstruction dans tous les secteurs a été les montées. Équipée du TTS, l'International S-10 a été la machine la plus sensible aux montées. Elle a accumulé plus de sept minutes de retard par hectare à raison de plus de 17 fois par hectare dans chaque secteur. Elle a accusé moins de difficulté dans les pentes avec le Bräcke.

Tableau 7. Répartition des temps de manoeuvre

Traitement		Type de virage			Nombre de virages par hectare				Temps par virage				Durée moyenne du temps productif effectif entre les virages
		Cheminement aller-retour	Cheminement juxtaposé	Cheminement irrégulier	Cheminement aller-retour	Cheminement juxtaposé	Cheminement irrégulier	Total	Cheminement aller-retour	Cheminement juxtaposé	Cheminement irrégulier	Moyenne	
		(%)			(nbre/ha)				(cmin)				
TTS:	tronc entier	44	1	55	6,5	0,2	8,2	14,9	119	93	118	119	378
	arbre entier	29	24	47	3,1	2,6	5,0	10,7	93	77	151	116	463
Leno:	tronc entier	45	21	34	8,0	3,8	6,0	17,8	114	60	93	95	498
	arbre entier	79	-	21	17,6	-	4,7	22,3	110	-	130	114	363
Bräcke:	tronc entier	28	46	26	5,0	8,4	4,8	18,3	112	88	83	93	373
	arbre entier	79	-	21	13,9	-	3,7	17,6	102	-	103	102	263

Tableau 8. Résumé du temps d'obstruction (y compris le temps pour nettoyer les débris des instruments)

		Tracteur										Instrument					
	Traitement	Montée	Descente	Pente de côté	Souche	Chablis	Cailloux ou roc	Terrain	Débris	Inconnu	Total	Souche	Débris	Cailloux ou roc	Chablis	Net-toyage de l'ins-trument	Total
TTS:	tronc entier (nbre/ha)	20,0	0,8	0,2	1,3	3,3	1,0	3,0	0,5	0,5	30,6	0,8	-	0,2	1,4	-	2.4
	(cmin/ha)	773	40	9	113	152	29	96	7	20	1249	38	-	5	290	-	333
	arbre entier (nbre/ha)	17,9	0,7	0,5	2,2	5,7	0,9	2,9	0,3	0,9	32,1	1,6	-	-	1,0	-	2.6
	(cmin/ha)	740	28	18	115	321	35	151	10	31	1454	239	-	-	45	-	284
Leno:	tronc entier (nbre/ha)	8,3	0,8	0,8	1,6	0,5	0,3	0,2	0,8	-	13,4	-	0,2	-	-	0,2	0.3
	(cmin/ha)	468	15	28	90	7	14	2	26	-	649	-	23	-	-	31	54
	arbre entier (nbre/ha)	5,7	-	0,2	1,8	1,3	1,1	0,2	0,3	-	10,5	-	-	-	0,2	0,2	0.3
	(cmin/ha)	617	-	2	117	90	207	11	43	-	1086	-	-	-	3	26	29
Bräcke:	tronc entier (nbre/ha)	24,6	1,4	0,2	0,7	0,5	0,5	1,4	0,9	-	30,2	0,1	-	0,7	0,2	1,3	2.3
	(cmin/ha)	1005[a]	71	22	63	22	16	32	30	-	1262	1	-	22	40	393	456
	arbre entier (nbre/ha)	16,3	0,3	-	0,4	0,3	0,4	1,1	-	-	18,8	-	-	-	0,6	0,6	1.1
	(cmin/ha)	590	14	-	8	28	15	37	-	-	693	-	-	-	28	145	173

[a]La valeur élevée tient à des pentes longues et raides comptant pour 27 % de la surface traitée. La fréquence des obstructions "montée" était de 79/ha dans cette zone, mais seulement de 12/ha dans le reste du secteur.

Sur l'emplacement TE Brăcke, un grand nombre de retards ont été dus à des montées car une longue pente raide couvrait 2,3 ha (27 %) de la superficie totale scarifiée. La pente a été traitée et l'opération de scarifiage sur la pente a été chronométrée séparément de celle sur la surface plate. Les retards sur le terrain en pente représentent 79 % du temps total d'"obstruction-tracteur" pour tout l'emplacement TE en dépit du fait que seulement 27 % de la surface était en pente et a été traité en un seul passage. Sur une base de temps par unité de surface, les retards dans la catégorie "obstruction-tracteur" se chiffrent à 37 min/ha sur terrain en pente et à 4 min/ha sur terrain plat. 70 % du délai total d'"obstruction-tracteur" et 80 % des délais dus aux montées ont eu lieu sur du terrain en pente (tableau 8).

Les temps moyens d'"obstruction-tracteur" due aux montées ont été de 40,78 et 39 cmin avec le TTS, le Leno et le Brăcke respectivement dans les secteurs TE et AE combinés. Bien que les retards ont été moins nombreux avec le Leno, il a fallu plus de temps avant de reprendre le scarifiage.

Les souches et les roches ont été la deuxième cause la plus fréquente des délais dans la catégorie "obstruction-tracteur" avec le Leno, et la machine a été arrêtée plus longtemps par de tels obstacles. Les grosses souches ont aussi causé des délais avec le TTS.

Les résidus de bouleau et de peuplier faux-tremble (Populus tremuloides Mich.), les plus nombreux dans les deux parcelles TTS, ont donc contribué aux délais d'"obstruction-tracteur". Les emplacements TE et AE TTS comptaient aussi de nombreux endroits humides.

Les petits "retards" (moins de 15 min) ont varié de 11,1 à 17,7 % du temps-machine productif (tableau 9). Les raisons personnelles et la surveillance sont les principales causes des petits retards avec le TTS et le Brăcke. Les délais d'entretien ont été plus longs avec le Leno car les essais ont nécessité un plus grand nombre de quarts de travail à cause d'un faible taux d'utilisation de l'instrument et de fuites d'huile hydraulique qu'il fallait remplacer périodiquement. Il a aussi fallu régler la commande hydraulique du temps de scarifiage de la roue à socs du Leno parce que la viscosité de l'huile hydraulique varie avec la température. Comme il a été mentionné auparavant, le Brăcke a été souvent bloqué par un morceau de bois ou un tronc que le conducteur devait parfois retirer manuellement.

Tableau 9. Répartition des petits retards (15 min) inclus dans le temps-machine productif

Traitement		Personnel	Supervision et reconnaissance par le conducteur	Dégagement de débris (tracteur)	Calage du moteur	Préparation de l'instrument pour le scarifiage ou un déplacement	Réglage de l'instrument	Dégagement de débris (instrument)	Panne		Entretien		Réchauffement	Total
									Tracteur	Instrument	Tracteur	Instrument		
TTS:	tronc entier (cmin/ha)	194	255	-	-	234	-	-	-	256	103	103	-	1146
	(%)	17	22	-	-	20	-	-	-	23	9	9	-	100
	arbre entier (cmin/ha)	456	240	-	-	11	-	-	-	136	102	102	18	1065
	(%)	43	22	-	-	1	-	-	-	13	10	10	1	100
Lenoir:	tronc entier (cmin/ha)	404	92	-	6	299	262	31	35	34	256	228	33	1660
	(%)	24	6	-	0,3	18	16	2	2	1	15	14	2	100
	arbre entier (cmin/ha)	742	71	-	-	42	358	27	-	409	394	529	39	2610
	(%)	28	3	-	-	1	14	1	-	16	15	20	2	100
Brücke:	tronc entier (cmin/ha)	332	514	-	-	81	-	183	-	127	118	200	15	1569
	(%)	21	33	-	-	5	-	12	-	8	7	13	1	100
	arbre entier (cmin/ha)	5	215	15	-	297	-	152	-	231	-	73	-	988
	(%)	1	22	2	-	30	-	15	-	23	-	7	-	100

Les débardeuses sont rarement tombées en panne. Toutefois, la plupart du temps de réparation a été consacré au câble du treuil qui brisait au point d'attache avec l'instrument ou qui s'entortillait dans le treuil. Les réparations de câbles ont été notées dans la colonne instrument puisque les câbles servent à soulever ou à tirer les scarificateurs.

La productivité des trois machines a varié de 0,41 ha/HMP avec le Leno pour l'emplacement AE à 0,71 ha/HMP avec le Bräcke pour l'emplacement AE (tableau 10). On s'attendait à ce que la productivité soit faible dans les zones de coupe TE puisque le TTS et le Leno ont été passés deux fois sur près de 100 % de la surface.

Tableau 10. Résumé de la productivité

Traitement		HMP total (h)	Surface (ha)	Productivité par HPM (ha/h)	Productivité par temps productif effectif (TPE) (ha/h)	Vitesses de déplacement[a] (km/h)	Consommation de carburant (l/h-moteur)
TTS:	tronc entier	10,85	6,3	0,58	1,06	3,7	12,7
	arbre entier	8,93	5,8	0,65	1,23	3,9	13,8
Leno:	tronc entier	13,36	6,1	0,46	0,68	3,6	17,0
	arbre entier	15,19	6,2	0,41	0,74	3,8	15,9
Bräcke:	tronc entier	16,61	8,5	0,51	0,88	3,9	13,3
	arbre entier	10,14	7,2	0,71	1,29	4,5	11,5

[a]Les vitesses de déplacement ont été enregistrées dans les parcelles et comprennent celles sans arrêt.

La productivité du Bräcke a été seulement de 0,28 ha/HMP dans la section en pente de l'emplacement TE. Dans la section plate, la productivité a été de 0,73 ha/HMP malgré le double passage.

Lorsqu'on examine le TPE, la productivité passe à 1,23 ha/h pour le TTS et à 1,29 ha/h pour le Bräcke sur les emplacements AE. La productivité du Leno reste inférieure à 0,75 ha/h, sa vitesse de déplacement moyenne étant la plus basse pour l'ensemble du secteur.

Les vitesses de déplacement présentées dans le tableau 10 ont été mesurées dans les parcelles-témoins seulement, pour des passages sans retard. Dans tous les secteurs, les opérateurs ont gardé les débardeuses en première vitesse.

La consommation moyenne de carburant a été de 13,2, 16,4 et 12,6 L/h pour le TTS, le Leno et le Bräcke respectivement, pour les emplacements TE et AE combinés.

Évaluation après le traitement

Le tableau 11 résume le nombre d'emplacements propices et marginalement propices au plantage. Un total de 2 500 emplacements par hectare représente une proportion de surface occupée potentielle de 100 %. Dans le tableau 12 qui décrit les microconditions des emplacements, on indique les conditions de non-plantabilité des emplacements. Le tableau 13 décrit les classes de perturbation du sol dans certains emplacements. Le tableau 14 décrit la perturbation globale du sol, y compris l'aménagement d'un lit de germination réceptif par les équipements, les véhicules ou par la coupe. Une perturbation de sol propice au plantage (abrégé ensuite en "perturbation propice au plantage") est synonyme d'aménagement d'un lit de germination réceptif. Les classes de perturbation du sol sont définies à l'annexe E. Le tableau 15 décrit la distribution globale et la taille de chaque placette perturbée. Le tableau 16 donne les dimensions des sillons/placettes scarifiés et du sol perturbé à l'intérieur des sillons et des placettes pour les secteurs AE seulement.

Bien que non inclus dans les analyses, les ajustements pour les écarts de plantabilité dus à l'espacement interrangées et à l'espacement intrarangée ont été faits pour les secteurs AE seulement (tableau 17). À cause du chevauchement des sillons et de la densité des rémanents, des mesures et des ajustements semblables n'ont pas été possibles pour le secteur TE. Après ajustement, le gain de plantabilité a été le plus grand pour le TTS et représentait une augmentation de 16 % dans la proportion de surface occupée. Ce gain tient à un espacement interrangée plus grand que l'espacement optimal qui a pu être une fonction de la forte quantité d'arbres résiduels. Le nombre réel de sillons/placettes en termes de pourcentage du rendement potentiel a été le plus élevé pour le TTS.

Tableau 11. Évaluation de la plantabilité[a]

Traitement		Emplacements propices au plantage		Emplacements marginalement propices au plantage		Emplacements propices et marginalement propices au plantage		Emplacements non propices		Total	
		(%)	(nbre/ha)	(%)	(nbre/ha)	(%)	(nbre/ha)	(%)	(nbre/ha)	(%)	(nbre/ha)
TTS:	tronc entier	26,3	658	10,0	250	36,3	908[b]	63,7	1592	100,0	2,500
	arbre entier	54,2	1,355	11,0	275	65,2	1,630[b]	34,8	870	100,0	2,500
Leno:	tronc entier	36,0	900	14,3	358	50,3	1,258	49,7	1242	100,0	2,500
	arbre entier	47,3	1,183	12,4	310	59,7	1,493	40,3	1007	100,0	2,500
Bräcke:	tronc entier	30,4	760	28,2	705	58,6	1,465[b]	41,4	1035	100,0	2,500
	arbre entier	64,2	1,605	17,8	445	82,0	2,050[b]	18,0	450	100,0	2,500

[a]Basé sur des quadrats de 4 m^2. Non ajusté pour l'espacement. Voir le tableau 17 pour l'effet de l'espacement.

[b]Dénote une différence significative ($p = 0,05$) entre les valeurs TE et AE dans chaque traitement pour cette colonne seulement.

Tableau 12. Microconditions dans certains emplacements

Traitement		Pénétration dans le sol				Débris			Épaisseur de la litière feuillue			Concurrence végétale			Microrelief			
		Pénétrable[a]	Roches[b]	Débris[b]	Eau[b]	Aucun[a]	Un peu[c]	Beaucoup[b]	1,5 cm[a]	1,5-3 cm[c]	3 cm[b]	Aucun[a]	Herbe[c]	Bois[b]	Plat	Bosse	Pente	Creux
		(%)																
TTS:	tronc entier	77,4	13,3	4,3	5,0	64,0	30,0	6,0	40,0	8,3	51,7	98,7	0,0	1,3	44,0	6,3	12,0	37,7
	arbre entier	96,6	1,8	0,2	1,4	86,8	13,0	0,2	65,4	6,2	28,4	93,4	0,0	6,6	34,6	3,4	15,0	47,0
Leno:	tronc entier	89,3	3,0	1,7	6,0	72,3	26,7	1,0	50,3	7,7	42,0	100,0	0,0	0,0	44,0	1,7	18,0	36,3
	arbre entier	90,7	7,3	1,0	1,0	89,0	10,3	0,7	56,0	7,3	36,7	100,0	0,0	0,0	40,0	1,3	14,7	44,0
Bräcke:	tronc entier	95,8	0,2	0,2	3,8	61,0	30,8	8,2	50,2	13,6	36,2	99,8	0,0	0,2	57,2	1,8	26,0	15,0
	arbre entier	99,4	0,6	0,0	0,0	89,8	9,8	0,4	70,0	12,2	17,8	99,8	0,2	0,0	55,0	0,8	25,0	19,2

[a]Condition propice au plantage.

[b]Condition non propice au plantage.

[c]Condition marginalement propice au plantage.

Tableau 13. Classes de perturbations de sol sur des emplacements de plants choisis seulement

Traitement		Propice au plantage[a]	Marginalement propice au plantage	Non propice au plantage	Total
		(%)			
TTS:	tronc entier	38,4	8,0	53,6	100,0
	arbre entier	63,8	7,0	29,2	100,0
Leno:	tronc entier	46,7	0,7	41,9	100,0
	arbre entier	53,0	1,0	37,3	100,0
Brăcke:	tronc entier	47,6	16,0	36,4	100,0
	arbre entier	69,8	12,4	17,8	100,0

[a]Correspond de près aux critères de lit de germination réceptif pour le pin gris dans le nord-est de l'Ontario (Riley, 1980).

Scarificateur à disques TTS-35: Le TTS a produit approximativement le double du nombre d'emplacements propice au plantage et environ le même nombre d'emplacements marginaux dans le secteur AE que dans le secteur TE (tableau 11). Les emplacements non propices au plantage à cause du sol impénétrable étaient plus nombreux dans le secteur TE à cause de l'abondance de roches, de débris et d'eau (tableau 12). Dans le secteur AE, un pourcentage beaucoup plus élevé d'emplacements a été sélectionné dans les classes de perturbation propice au plantage de plus grande qualité (tableau 13).

Les perturbations propices causées par l'instrument (aménagement d'un lit réceptif) et les perturbations de sol marginalement propices étaient 2,5 fois plus élevées dans le secteur AE (tableau 14). Les surfaces de perturbation souhaitable étaient à la fois plus grandes et plus fréquentes dans le secteur AE (tableau 15).

D'après les mesures effectuées dans le secteur AE (tableau 16), la surface moyenne en sous-niveau sur 2 m de sillon où l'instrument a traversé la litière feuillue ou la surface du sol s'est élevée à près de 4 100 cm^2. La perturbation totale propice au plantage, et marginalement propice, causée par l'instrument a atteint une valeur relativement élevée de 84 % de la surface du sous-niveau.

Tableau 14. Perturbation globale du sol, y compris l'aménagement d'un lit réceptif

Traitement		Perturbation propice au plantage: causée par l'instrument (lit réceptif)[a]				Perturbation marginalement propice au plantage: causée par l'instrument				Perturbation propice et marginalement propice totale (causée par l'instrument	Perturbation non propice totale[b]
		Sol minéral exposé avec base ferme	Couche mince (1,5 cm) de sol minéral et de litière mélangés qui se tassera en une base ferme	Litière mince (1,5 cm) sur sol minéral ferme	Total	Sol minéral amoncelé sur sol minéral ferme	Mélange de sol minéral et de litière modérément épais (1,5-3 cm) sur une base ferme	Litière modérément épaisse (1,5-3 cm) sur sol minéral ferme	Total		
		(%)									
TTS:	tronc entier	1,58	0,04	0,08	1,70[a]	0,00	0,11	0,23	0,34	2,04	23,67
	arbre entier	3,53	0,08	0,74	4,35[a]	0,16	0,08	0,47	0,71	5,06	31,81
Leno:	tronc entier	2,48	0,00	0,67	3,15	0,46	0,06	0,21	0,73	3,88	28,78
	arbre entier	2,66	0,16	0,40	3,22	0,17	0,01	0,19	0,37	3,59	27,31
Bräcke:	tronc entier	1,44	0,11	0,89	2,44[a]	0,21	0,04	0,29	0,64	3,08	35,39
	arbre entier	1,93	0,30	1,36	3,59[a]	0,03	0,08	0,34	0,45	4,04	41,40

[a]Correspond de près aux critères de lit réceptif pour le pin gris dans le nord-est de l'Ontario (Riley, 1980).
[b]Comprend sol minéral amoncelé sur litière épaisse, mélange épais (3 cm) de litière et de sol minéral sur toutes bases, couches épaisses (3 cm) disloquées, réduites ou comprimées de litière et de gazon retourné.
[c]Dénote une différence significative (p = 0,05) enter les valeurs TE et AE à l'intérieur de chaque traitement pour cette colonne seulement.

Tableau 15. Distribution et surface des perturbations de sol propices et marginalement propices au plantage

Traitement		Fréquence[a] (%)	Surface moyenne[b] $(cm)^2$
TTS:	tronc entier	39,4	2380
	arbre entier	67,6	3348
Leno:	tronc entier	53,4	3664
	arbre entier	61,4	2452
Bräcke:	tronc entier	70,4	2064
	arbre entier	86,8	2796

[a]Pourcentage de quadrats de 4 m^2 comportant une perturbation de sol propice ou marginalement plantable de 400 cm^2.
[b]Surface moyenne des classes de perturbation ci-dessus dans des quadrats avec 400 cm^2 de perturbation.

Dans le secteur TE, à cause de la faible variation des densités des rémanents échantillonnés et de l'effet limitatif des autres variables liées à l'emplacement, il a été impossible d'établir une équation de prévision d'une étendue de densités de rémanents permettant d'obtenir de meilleurs résultats lors de la préparation du terrain.

Dans le secteur AE, les corrélations négatives, d'une part entre le nombre d'emplacements propices au plantage et a) le volume de grands rémanents (R = -0,39) et b) l'épaisseur des rémanents (R = -0,40), et d'autre part entre la quantité de lits réceptifs et a) le volume et la quantité de grands rémanents (R = -0,51 et R = -0,41, respectivement) et b) l'épaisseur des rémanents (R = -0,43), sont faibles mais significatives. Aucune des variables d'emplacement avant le traitement dans le secteur AE, soit seule, soit combinée, n'a pu être utilisée pour établir de bonnes équations de prévision du rendement lié à la préparation du terrain.

Scarificateur Leno 77: Dans le secteur AE, le Leno a produit approximativement un tiers de plus d'emplacements propices au plantage et légèrement moins d'emplacements marginalement propices au plantage que dans le secteur TE.

La plantabilité totale est plus élevée dans les secteurs AE, mais l'écart n'est pas significatif (p = 0,05) (tableau 11). La pénétration dans le sol est semblable dans les deux

Tableau 16. Dimensions des sillons/placettes et étendue des perturbations propices et marginalement propices au plantage dans les sillons/placettes[a]

Traitement	Hors-tout			Sous-niveau[b]			Perturbations propices au plantage		Perturbations marginalement propices au plantage		Perturbations propices et marginalement propices au plantage	
	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Surface (cm^2)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Surface (cm^2)	Surface totale (cm^2)	Pourcentage de la surface sous-niveau	Surface totale (cm^2)	Pourcentage de la surface sous-niveau	Surface totale (cm^2)	Pourcentage de la surface sous-niveau
TTS: arbre entier	200	93	18,600	113	36	4068	2640	64,9	792	19,5	3432	84,4
Leno: arbre entier	175	65	11,375	112	64	7168	1840	25,7	692	9,6	2532	35,3
Brücke: arbre entier	181	74	13,394	78	45	3510	1344	38,3	584	16,7	1928	55,0

[a]Surface sur laquelle l'instrument a traversé la surface du sol ou de la litière.
[b]Dépression creusée.

Tableau 17. Ajustement de la plantabilité

Traitement	Rendements réel et potentiel							Rendement ajusté				
	Espacement		Nombre de sillons/placettes			Plantabilité		Ajustement de l'espacement			Plantabilité totale	
	Interrangées (nbre de rangées/échantillons de 100 m de large)	Intrarangée (nbre/100 m de déplacement linéaire)[a]	Potentiel[b] (nbre/ha)	Réel (nbre/ha)	Réel en pourcentage du potentiel	Emplacements (nbre/ha)	Proportion de surface occupée (%)	Interrangées (nbre de rangées/échantillons de 100 m de large)	Intrarangée (nbre/100 m de déplacement linéaire)[a]	Nbre de sillons/placettes (nbre/ha)	Emplacements (nbre/ha)	Proportion de surface occupée (%)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
TTS: arbre entier	40,0	50,0	2000	1980	99	1630	65,2	50,0	50,0	2500	2038	81,5
Leno: arbre entier	53,5	44,0	2354	2073	88	1493	59,7	50,0	50,0	2500	1586	63,3
Brücke: arbre entier	45,0	48,6	2187	2065	94	2050	82,0	51,5	48,6	2500	2333	93,0

[a]Nombre de segments contigus de 2 m de long à l'intérieur des rangées pour le TTS et nombre de placettes pour le Leno et le Brücke.

[b]Potentiel = colonne 1 x colonne 2.

[c]Plantabilité totale ajustée = colonne 10 x $\frac{\text{colonne 6}}{\text{colonne 5}}$.

secteurs. L'humidité beaucoup plus élevée dans le secteur TE compense les conditions plus rocheuses dans le secteur AE (tableau 12). Le pourcentage d'emplacements dans la classe de perturbation propice au plantage est légèrement plus élevé dans le secteur AE (tableau 13).

Les perturbations propices au plantage causées par les équipements (lit de germination réceptif) sont semblables dans les deux secteurs (tableau 14). Il y a 20 % en moins de surfaces perturbées souhaitables dans le secteur TE, mais elles ont tendance à être plus grandes (tableau 15).

Dans le secteur AE, les placettes représentent en moyenne 7 200 cm^2 de perturbation du sous-niveau (tableau 16). Le total des perturbations propices et marginalement propices causées par l'instrument dans les placettes équivaut à 35 % de la surface en sous-niveau. Ce pourcentage relativement faible indique que, bien que les socs aient perturbé de grandes surfaces de litière, ils ne les ont pas pénétré efficacement.

Dans le secteur TE, quand le sol n'est pas humide à extrêmement humide la plantabilité décroît en fonction du volume de petits rémanents et de l'épaisseur de sol (R^2 = 0,79) (figure 12). De même, une fois éliminé l'effet d'un sol humide à très humide, il y avait une relation non linéaire relativement forte (S = 0,64) entre le volume de petits rémanents et le lit réceptif (figure 13).

Dans le secteur AE, si l'on étudie la plantabilité en fonction de l'épaisseur du sol et du volume de petits rémanents (figure 14), on voit que là où l'épaisseur du sol n'est pas un facteur limitatif (épaisseur moyenne supérieure à 10 cm), il y a une relation relativement étroite (R^2 = 0,71) entre la plantabilité et le volume de petits rémanents. Des corrélations significatives entre le lit réceptif d'une part et a) l'épaisseur du sol (R = 0,62) et b) le diamètre des souches (R = 0,60) d'autre part ont été observées.

Les données disponibles n'ont toutefois pas permis de mettre au point une équation satisfaisante pour prévoir la surface de lit réceptif dans le cas du traitement avec un seul passage.

Brächke Cultivator (double): Dans le secteur AE, le Brächke a produit plus du double d'emplacements propices au plantage que dans le secteur TE alors que le pourcentage d'emplacements marginalement propices y a été très inférieur (tableau 11). Les figures

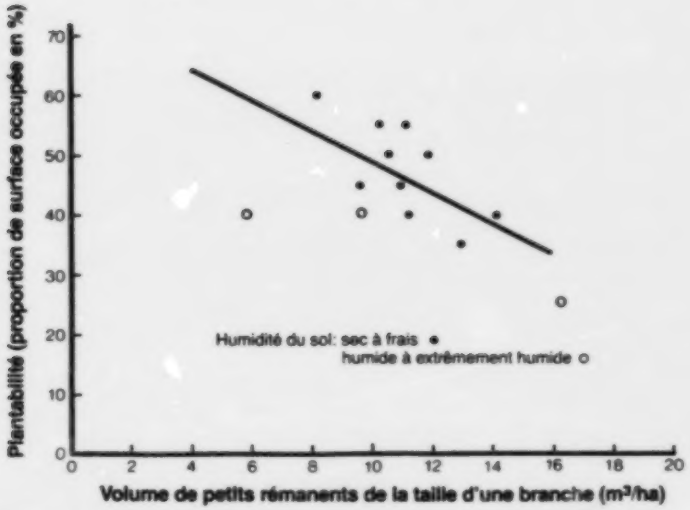


Figure 12. Secteur TL Leno. Proportion d'emplacements propices et marginalement propices au plantage dans des quadrats de 4 m^2 en fonction du volume de rémanents de 1 à 5 cm de diamètre. La droite est tirée de l'équation:

Plantabilité (%) = 60,17-(2,94 x volume de petits rémanents (m^3/ha) + (0,95 x épaisseur du sol (cm)),

où R^2 = 0,79. On suppose que l'épaisseur du sol est de 21,4 cm (moyenne pour le polygone). Pour les sols de 30 cm d'épaisseur, utiliser 30 cm dans l'équation.

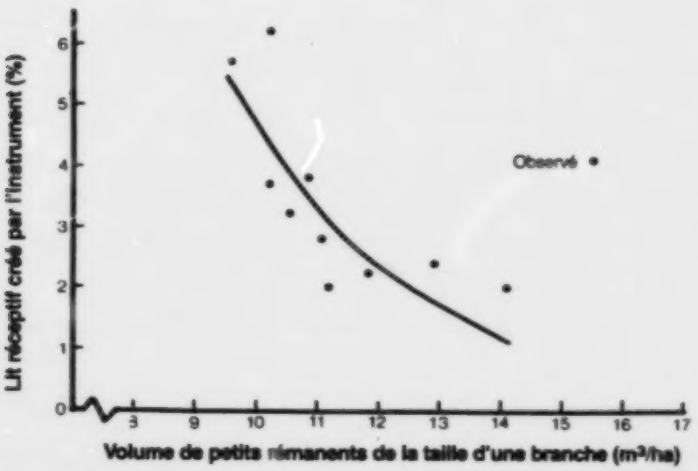


Figure 13. Secteur TL Leno. Surface de lit de germination réceptif créée par l'instrument en fonction du volume de rémanents de 1 à 5 cm de diamètre. Courbe établie par régression non linéaire selon l'équation:

Lit réceptif (%) = 160,93e (0,35 x volume de petits rémanents (m^3/ha)).

Sont exclues les sous-parcelles où le sol est de humide à extrêmement humide. Le coefficient de détermination (S) est 0,64.

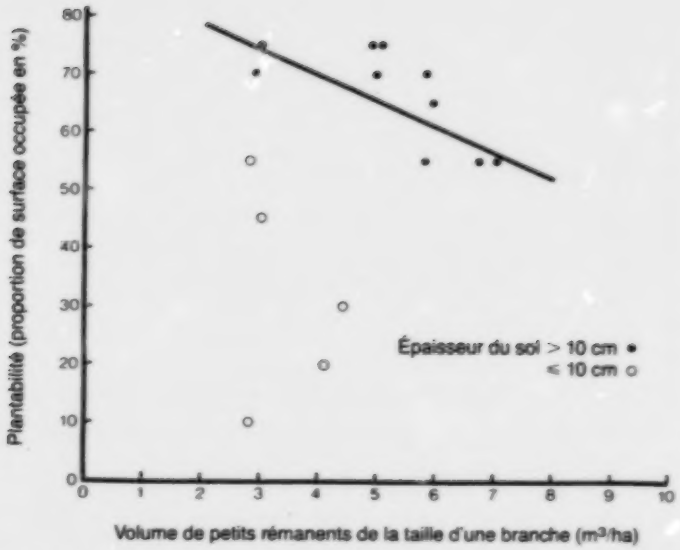


Figure 14. Secteur AE Leno. Proportion d'emplacements propices et marginalement propices au plantage dans des quadrats de 4 m^2 en fonction du volume de rémanents de 1 à 5 cm de diamètre. La courbe est tirée de l'équation:

Plantabilité (%) = 63,42 - (4,28 x volume de petits rémanents (m^3/ha) + (1,15 x épaisseur du sol (cm)),

où R^2 = 0,71. On suppose que l'épaisseur du sol est de 20,0 cm. L'équation vaut pour les sols de 30 cm d'épaisseur, utiliser 30 cm dans l'équation.

15 et 16 illustrent les résultats obtenus avec peu et beaucoup de rémanents respectivement. La plantabilité globale et la proportion potentielle de surface occupée ont été supérieures de 40 % dans le secteur AE. L'outil manuel pour vérifier la pénétration a relativement bien pénétré le sol dans les deux secteurs. L'humidité plus élevée dans le polygone TE a réduit légèrement la plantabilité (tableau 12). Dans le secteur AE, un pourcentage beaucoup plus élevé des emplacements pourrait être classé dans la catégorie des perturbations propices de meilleure qualité (tableau 13).

Les perturbations propices au plantage causées par les instruments (aménagement de lits de germination réceptifs) ont été supérieures de 47 % dans le secteur AE (tableau 14). Les surfaces de perturbation souhaitable sont plus nombreuses et plus grandes dans le secteur AE (tableau 15).

Figure 15. Placette réussi par le Bräcke à travers une mince couche de rémanents dans le secteur AE.

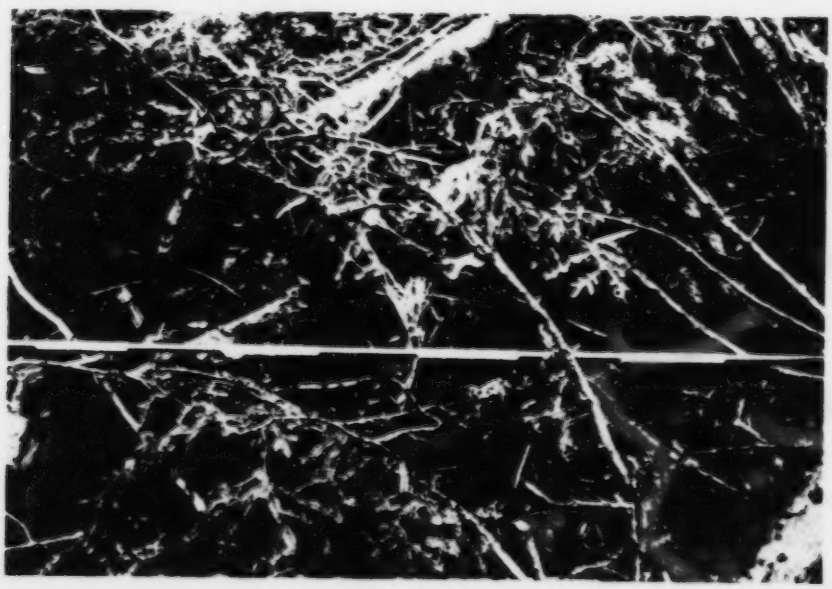


Figure 16. Mauvaise placette réalisée par le Bräcke à travers une couche épaisse de rémanents dans le secteur TE.

Dans le secteur AE, les placettes ont perturbé en moyenne près de 3 500 cm^2 de sol sous-niveau (tableau 16). Le total des perturbations propices et marginalement plantables, créées par l'instrument dans les placettes, se chiffre à 55 % de la surface sous-niveau, ce qui indique une réduction assez efficace de la litière.

Dans le secteur TE, sauf dans les sous-parcelles humides à extrêmement humides, il y a une relation linéaire (R^2 = 0,31) entre le volume de petits rémanents et la plantabilité (figure 17) et une relation non linéaire (S = 0,49) entre le volume de petits rémanents et la surface réceptive (figure 18).

Dans le secteur AE, l'épaisseur du sol est liée de façon significative à la plantabilité, mais la relation n'est pas étroite (R = 0,41). Toutes les variables des rémanents sont peu liées à la plantabilité. Il y a une corrélation significative mais faible (R = -0,49) entre le nombre de souches et la surface réceptive. Elle était prévisible puisque la surface de sol potentiellement traitable décroît avec l'augmentation du nombre de souches. De même les souches nuisent au bon contact entre les roues à socs et la surface du sol. Toutes les variables des rémanents sont peu liées à la surface de lit réceptif. Aucune variable ou combinaison de variables n'a permis d'établir de bonnes équations pour prévoir le rendement associé à la préparation du terrain dans le secteur AE.

DISCUSSION

Études chronométriques

Scarificateur à disques TTS: En dépit du double passage, les HMP et TPE par hectare ont été seulement de 12 et 15 % plus élevés respectivement dans le secteur TE. La petite différence de TPE indique que la vitesse de déplacement a été plus lente dans le secteur AE si l'on suppose que l'intervalle entre les passages a été semblable dans les deux secteurs.

Comme l'indique le temps d'"obstruction-tracteur", les obstacles ont eu un effet plus marqué dans le secteur AE. Ainsi, les arrêts et les départs et un parcours difficile ont pu avoir pour résultat une vitesse de déplacement moyenne plus lente.

Le tracteur était doté d'un moteur légèrement trop faible selon les spécifications du fabricant du TTS, ce qui explique sa sensibilité aux obstacles, spécialement lors des

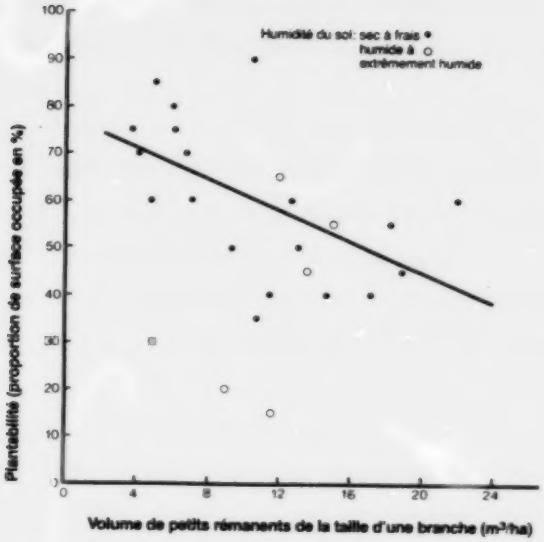


Figure 17. Secteur TE Bräcke. Proportion d'emplacements propices et marginalement propices au plantage dans des quadrats de 4 m^2 en fonction du volume de rémanents de 1 à 5 cm de diamètre. En conditions autres que humides à extrêmement humides, l'équation de la droite est:

Plantabilité (%) = 77,57 (1,66 x vol. de petits rémanents (m^3/ha)), ou R^2 = 0,31.

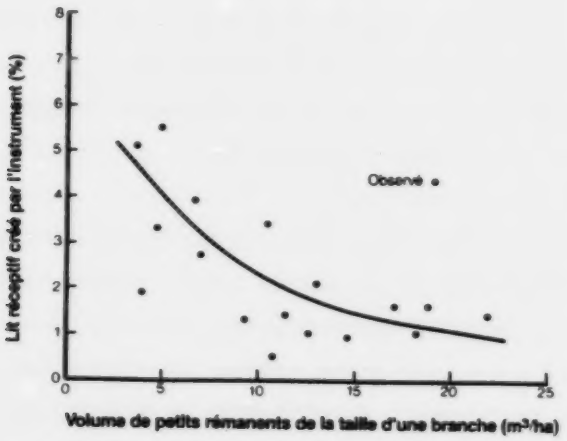


Figure 18. Secteur TL Bräcke. Surface de lit réceptif créée par l'instrument en fonction du volume de rémanents de 1 à 5 cm de diamètre. La courbe de régression non linéaire a pour équation:

Lit de germination réceptif (%) = 0,57 + 6,89e (-0,14 x vol. de petits rémanents (m^3/ha)).

N'inclut pas les sous-parcelles de sol humide à extrêmement humide. Le coefficient de détermination S est 0,49.

montées. Puisque le tracteur n'était pas assez puissant, il était avantageux que le TTS soit équipé pour les pentes d'un attelage "Brăcke" plutôt que d'un timon ou d'un attelage universel.

Quelques retards "obstruction-instrument" ont été causés par des résidus et des souches. Quand les deux disques heurtaient des souches en même temps, le TTS restait pris. Le retard était souvent long faute de moyen rapide pour passer le TTS par-dessus les souches. L'habitude du conducteur de libérer le treuil à la moindre résistance de l'instrument peut avoir augmenté le nombre de retards.

La vitesse de déplacement sur les parcelles a été semblable dans les deux secteurs. Puisque les parcelles ont été choisies de façon à minimiser les obstacles comme le matériel sur pied et le relief autres que les rémanents, les débris n'ont apparemment pas eu d'effet sur la vitesse de déplacement ou la productivité.

Scarificateur Leno 77: Le TPE par hectare n'a été que de 10 % supérieur dans le secteur TE en dépit du double passage, et la productivité par HMP a en fait été plus faible dans le secteur AE, en raison surtout de l'inexpérience du conducteur qui avait tendance à traiter chaque petite zone dans le secteur AE (le premier secteur traité). Comme le secteur AE était plus difficile à traiter de toute façon, de tels retards tenaient à la faible vitesse moyenne de déplacement et à la forte proportion du temps consacré aux manoeuvres. On a noté une nette amélioration avec le temps et, en conséquence, un meilleur fonctionnement global dans le secteur TE.

Les rémanents n'ont eu d'effet apparent ni sur les vitesses de déplacement dans les parcelles ni sur la productivité. Les obstacles ont peu d'effet sur le Leno comme l'indique la faible incidence des temps d'"obstruction-instrument". Toutefois, le temps moyen d'"obstruction-tracteur" a été plus grand qu'avec les autres instruments. Les différents conducteurs mais aussi l'attelage "Brăcke" du TTS et du Brăcke peuvent en être la cause. Avec l'attelage "Brăcke", l'instrument peut être laissé puis tiré par un treuil de sorte que les temps d'"obstruction-tracteur" sont plus courts et plus de terrain peut être traité.

Brăcke Cultivator (double): les HMP et TPE par hectare étaient de 38 et 47 % plus élevés respectivement dans les secteurs TE. Le temps d'"obstruction", y compris les retards causés à la fois par le tracteur et par l'instrument, a été de 84 % plus élevé dans

les secteurs TE. Ces différences tiennent à un double passage sur 73 % des secteurs TE et à de très longs temps "obstruction-tracteur" dans les montées sur la crête de 2,3 ha.

La vitesse de déplacement a été légèrement inférieure dans le secteur TE. Dans seulement un cas, les rémanents ont nui directement au fonctionnement du Bräcke. Toutefois, les rémanents ont pu influer indirectement sur la vitesse de déplacement car le conducteur a parfois semblé ralentir et cherché du regard à travers les rémanents d'autres obstacles qui auraient pu nuire à la douceur de roulement. La vitesse de déplacement a pu être aussi plus élevée sur les parcelles AE dont les descentes de 10 à 25 % ont nécessité plus d'allers-retours.

Il semble qu'un double passage ne double pas le nombre de HMP pour le traitement de la même zone. Ceci peut être dû au fait que le conducteur connaît mieux les obstables et peut maintenir une vitesse plus élevée au second passage. Lors du second passage, les manoeuvres et les virages sont automatiques et le trajet est déjà établi.

Évaluation après le traitement

Scarificateur à disques TTS: Sur le secteur TE, le double passage a donné de piètres résultats quant à la plantabilité et au lit de germination réceptif. L'épaisseur et, dans une moindre proportion, l'humidité du sol ont beaucoup nui à la préparation du terrain. L'effet très limitatif des rémanents denses se reflète dans le nombre élevé d'emplacements non propices qui ont dû être choisis dans une litière épaisse, même si la litière n'était pas notoirement plus épaisse dans ce secteur, c'est-à-dire que l'instrument n'était pas capable de pénétrer l'épais tapis de rémanents. Il est tout à fait évident que les fortes densités moyennes de 13 m^3/ha de petits rémanents et de 76 m^3/ha de gros rémanents ont beaucoup nui à l'efficacité du TTS en dépit du double passage.

Les disques ont réussi à pénétrer et à réduire la couche de litière feuillue dans le secteur AE. Aucune des variables de l'emplacement, avant le traitement, n'a eu un effet limitatif important sur l'aménagement d'emplacements de plants ou d'un lit réceptif. Compte tenu des différences de plantabilité entre les secteurs TE et AE dues à la faible profondeur et à l'humidité très élevée du sol, le traitement avec un seul passage a donné 56 % plus d'emplacements propices et marginalement propices au plantage dans le secteur AE que dans le secteur TE.

Cela signifie que les rémanents constitués de grosses tiges de feuillus ont un effet limitatif mesurable dans le secteur AE. Toutefois, il est important de remarquer que, dans le secteur TE, le même volume total, mais des types différents de rémanents, a nui bien davantage au rendement de l'équipement.

Le fait que le nombre réel de sillons/placettes en pourcentage du rendement potentiel ait été plus élevé pour le TTS indique que le scarifiage continu est en soi plus efficace que le scarifiage par placettes. Le scarifiage continu laisse aussi une voie régulièrement marquée que peuvent suivre les planteurs.

Scarificateur Leno 77: Dans le secteur TE, le double passage a donné de mauvais résultats en général. À cause de l'effet combiné de plusieurs facteurs, les résultats ont été bons là où les rémanents étaient les moins denses. Premièrement, le conducteur a bien pris soin de suivre exactement le même tracé lors du second passage. Deuxièmement, le Leno a été réglé pour produire de longues placettes et donc pour maintenir un bon contact avec le sol. L'effet net a été un bon traitement là où il y avait peu de rémanents, ce qui a produit la présence de placettes, d'assez grandes perturbations bien traitées, dispersées dans le secteur TE.

Un pourcentage relativement élevé d'emplacements a été éliminé du secteur à cause de l'épaisse litière, ce qui démontre surtout l'incapacité du Leno de pénétrer l'épais tapis de rémanents. La couche de litière quelque peu plus épaisse dans ce secteur a pu aggraver légèrement le problème. La pénétration des rémanents a pu être difficile à cause de l'usure de plusieurs centimètres des dents des socs.

L'humidité plus ou moins élevée du sol a beaucoup nui à la préparation du terrain dans le secteur TE, mais l'effet global a été faible. On peut voir sur la figure 14 qu'en terrain sec à frais, au sol profond recouvert de plus de 6 à 8 m^3/ha de rémanents de conifères verts de la taille d'une branche, on ne peut s'attendre à ce que la plantabilité dépasse 60 % de la surface occupée, dans le cas d'un traitement au Leno avec double passage.

De même que pour la plantabilité, la quantité de rémanents de la taille d'une branche a été un important facteur limitant la production de surface réceptive dans le secteur TE. D'après la figure 15, dans les emplacements secs à frais au sol épais recouvert de plus de 10 à 11 m^3/ha de rémanents de conifères de la taille d'une branche,

on ne peut s'attendre à ce que la surface réceptive dépasse 3 % dans le cas d'un traitement au Leno avec double passage.

Le traitement en un seul passage dans le secteur AE a donné des résultats légèrement meilleurs que celui avec double passage dans le secteur TE.

L'épaisseur de la litière semble avoir été un facteur limitatif de plantabilité dans le secteur AE comme l'indique le grand nombre d'emplacements qui ont dû être choisis dans une litière épaisse. Les placettes du Leno dans le secteur AE étaient relativement larges, mais la proportion de la surface des placettes dans laquelle les socs ont réellement traversé la couche de litière jusqu'au sol minéral était petite. Il est donc apparent que bien que les roues à socs aient maintenu un bon contact avec le sol, elles n'ont pas pu traverser la litière dont l'épaisseur était en moyenne de 10,7 cm, à cause principalement de l'effet combiné de leur angle de pénétration, de la pression sur les points d'appui telle que déterminée par le poids de l'instrument et de la forme trop large et peu agressive (14 cm de large contre 10 cm sur le Bräcke).

Une fois le travail terminé sur les parties peu profondes du secteur AE, la préparation du terrain était très limitée. Toutefois, l'effet global était peu important.

On peut voir, d'après la figure 16, qu'en terrain sec à frais, au sol épais recouvert de plus de 6 à 8 m^3/ha de rémanents de conifères de la taille d'une branche, on ne peut s'attendre à ce que la plantabilité dépasse 60 % dans le cas d'un traitement en un seul passage avec le Leno. Il est apparent que 6 à 8 m^3/ha de petits rémanents est une quantité critique puisqu'à ce niveau ou au-dessus de celui-ci, même un double passage ne produit pas de meilleurs résultats. Cette quantité de rémanents se situe entre le maximum et le minimum observés dans les secteurs AE et TE respectivement (figures 14 et 16).

Bräcke Cultivator (double): Le traitement avec double passage a donné généralement de mauvais résultats dans le secteur TE. La quantité de rémanents est probablement la variable la plus limitative dans ce site. Le grand nombre d'emplacements non propices au plantage à cause d'une couche de litière trop épaisse s'explique par la difficulté du scarificateur à pénétrer l'épaisse couche de rémanents.

Les résultats dans le secteur TE (figure 17) indiquent qu'en terrain sec à frais, au sol épais recouvert de plus de 10 à 12 m^3/ha de rémanents de conifères frais de la taille d'une branche, la plantabilité devrait diminuer rapidement et dépasser rarement 60 %, même dans le cas d'un traitement au Bräcke avec double passage. Cette quantité de petits rémanents se situe approximativement à mi-chemin dans la gamme des conditions du secteur TE, dénotant l'avantage de prescrire le double passage dans les zones peu recouvertes de rémanents. De même, on peut s'attendre, d'après la figure 18, qu'en terrain sec à frais, au sol épais recouvert d'environ 8 à 10 m^3/ha de rémanents de conifères frais de la taille d'une branche, la production de surface réceptive diminue rapidement et dépasse rarement 3 % dans le cas d'un traitement au Bräcke avec double passage.

Dans le secteur AE, la préparation de terrain a été réussie. Compte tenu des pertes différentielles de plantabilité entre les deux secteurs dues à un sol très humide et peu profond, le traitement en un seul passage a donné une plantabilité totale de 35 % supérieure à celle dans le secteur TE. Les perturbations propices au plantage ou la surface de lit réceptif produites par l'instrument sont de 47 % plus élevées dans le secteur AE que dans le secteur TE.

L'épaisseur moyenne de la litière de 11,7 cm n'a pas été un facteur limitatif dans le secteur AE, comme le révèle le faible pourcentage d'emplacements qu'il a fallu choisir dans la litière épaisse. La proportion élevée de la surface scarifiée par le Bräcke dans laquelle les socs ont traversé la couche de litière jusqu'au sol minéral indique que les socs étaient efficaces dans la litière.

Sauf certaines variables qui ont eu un effet mineur, telles que l'épaisseur du sol et le nombre de souches, aucune variable du terrain dans le secteur AE n'a beaucoup nui à la plantabilité ou à la production de surface réceptive, et aucune variable ou combinaison de variables n'a permis d'établir de bonnes équations pour prévoir le rendement lié à la préparation du terrain. Les densités relativement faibles de petits rémanents (6 m^3/ha) et de gros rémanents (63 m^3/ha) n'ont pas nui au fonctionnement de l'instrument.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le scarificateur à disques TTS-35, le scarificateur Leno 77 et le Bräcke Cultivator (double) ont été évalués au cours de l'automne 1982. On a déterminé les effets des coupes par troncs entiers (TE) et par arbres entiers (AE) sur la productivité opérationnelle et la préparation du terrain. Des essais ont été faits en coopération par le CFGL, le FERIC et les Produits forestiers E.B Eddy Limitée sur des terrains situés dans la forêt boréale près de Ramsay dans le nord-est de l'Ontario.

Avant le scarifiage, les conditions du terrain liées à la méthode de coupe, par exemple, le volume et l'épaisseur de rémanents, ont été évalués ainsi que les conditions du terrain non liées à la coupe, par exemple l'épaisseur du sol, l'épaisseur de la litière et l'inégalité du sol.

Puisque les coupes ont été faites la même année, les rémanents portaient encore des feuilles au moment du traitement. Pour faire une comparaison opérationnelle valide et utiliser au mieux chaque scarificateur, on a passé les scarificateurs une seule fois dans toutes les secteurs AE et deux fois dans les secteurs TE, sauf dans un quart environ de la surface TE Bräcke qui n'a été traitée qu'une seule fois.

Le double passage a fait baisser la productivité globale; toutefois, les rémanents épais et frais n'ont pas semblé nuire au déplacement des trois machines. Des facteurs tels que l'expérience du conducteur, la puissance du tracteur, le tracé suivi pendant le traitement, le type d'attelage et les obstacles du terrain ont eu un effet beaucoup plus grand sur la productivité que les rémanents.

La réussite de la préparation du terrain a été mesurée en fonction du nombre d'emplacements propices au plantage produits où on pouvait utiliser des tubes Pottiputki pour planter des semis de pin gris en récipients. On a aussi évalué la surface de lit de germination réceptif disponible pour le pin gris, bien que cela n'ait pas été exigé.

L'analyse a comporté un examen des paramètres du terrain, tant liés que non liés à la coupe, visant à déterminer quels facteurs limitent le plus la production de micro-emplacements. Puisqu'un bon nombre des facteurs interagissent pour limiter l'efficacité des instruments, on a effectué des analyses de régression linéaire, étape par étape, et, au besoin, des analyses de régression non linéaire. Dans certains traitements, on a recueilli

assez de données pour définir des tendances et pour mettre au point des équations établissant la gamme des conditions - particulièrement en ce qui concerne les volumes de rémanents qui limitent les scarificateurs.

Dans les sols de 10 cm d'épaisseur et les sols humides à extrêmement humides, la production d'emplacements propices au plantage et de surfaces réceptives a été fortement limitée sans égard à la présence de rémanents. D'autres facteurs tels que la proprotion de surface occupée, la densité d'arbres résiduels et l'inégalité du sol n'étaient pas en général assez élevées pour limiter sérieusement la scarifiage.

Ailleurs qu'en sol peu profond et en sol humide à extrêmement humide, la quantité et le type de rémanents, particulièrement l'épais tapis composé surtout de rémanents de conifères de la taille d'une branche, foliés et verts, provenant de la coupe TE, ont nettement limité la plantabilité et la production de surface réceptive avec chaque scarificateur. Les effets sont résumés ci-dessous.

Scarificateur à disques TTS

Le passage unique dans la zone AE a donné 80 % plus d'emplacements propices au plantage que le double passage infructueux dans la zone TE. La production de surface réceptive a aussi été plus élevée. Malgré le volume élevé de rémanents dans le secteur AE, ces rémanents consistaient surtout en grandes tiges de feuillus, ce qui n'a pas limité le scarifiage autant que les rémanents de conifères de la taille d'une branche dans le secteur TE. Les données étaient insuffisantes pour permettre de prévoir l'étendue des volumes de rémanents dans laquelle le TTS pourrait être efficace.

Scarificateur Leno 77

Le passage unique a donné approximativement la même qualité de préparation du terrain dans le secteur AE que le double passage dans le secteur TE. Un volume de 6 à 8 m^3/ha de rémanents frais de la taille d'une branche, limite supérieure dans les secteurs AE et limite inférieure dans les secteurs TE, est critique. Au-dessus de cette quantité, la plantabilité, selon le critère utilisé ici et sur les emplacements examinés, ne devrait pas dépasser 60 % de la surface occupée après un passage unique ou double. Avec plus de 10 à 11 m^3/ha de rémanents frais de la taille d'une branche, on ne peut s'attendre à ce que le lit réceptif dépasse 3 % avec un double passage.

Bräcke Cultivator (double)

Le passage unique dans la zone AE a amélioré de 35 % la plantabilité dans le secteur TE. Le double passage a eu moins de succès dans le secteur TE mais serait réalisable dans des secteurs TE fraîchement coupées où le volume de rémanents de la taille d'une branche est inférieur à 10 à 12 m^3/ha. Au-dessus de cette quantité, la plantabilité ne saurait dépasser 60 % de la proportion de surface occupée. La production de surface de lit réceptif a aussi été beaucoup plus élevée dans le secteur AE. Au-dessus de 8 à 10 m^3/ha de rémanents frais de la taille d'une branche, ou ne peut s'attendre à ce que la surface réceptive dépasse 3 % avec un double passage.

En conclusion, le TTS, le Leno et le Bräcke fonctionnent mal à travers des rémanents de coupes rases TE datant de moins d'un an, même s'il y a double passage. Il faut examiner l'effet de l'âge des rémanents sur l'efficacité des scarificateurs pour déterminer à quel moment et de quelle manière les trois scarificateurs peuvent être utilisés avec succès pour traiter des terrains qui ont fait l'objet d'une coupe TE.

BIBLIOGRAPHIE

Anon. 1969. Terrain classification for Swedish forestry. Skogsarbeten, Stockholm, Sweden. Rep. No. 9. 10 p. + appendices.

Anon. 1984. Logging operation reports summaries, for 1982 or 1982-83. Woodlands Sect., Can. Pulp Pap. Assoc., Montreal, P.Q. 24 p.

Belisle, J. 1980. Field manual for describing soils. Ont. Inst. Pedol., Univ. Guelph, Guelph, Ont.

Bérard, J.A.; Dibblee, D.H.W.; Horncastle, D.C. 1968. Standard definitions for machine availability and utilization. Can. Pulp Pap. Assoc., Montréal, P.Q. Ind. No. 2428(BI). 2 p.

Folkema, M.P.; Giguère, P.; Heidersdorf, E. 1981. Shift level availability and productivity: revised manual for collecting and reporting field data. For. Eng. Res. Inst. Can., Montreal, P.Q. 13 p.

Friberg, R. 1975. Markeredningsaggregat 1974. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stockholm, Sweden. Tecnik NRI 1975. 6 p.

Greenwood, R. 1982. Quality assessment of mechanical site preparation for hand planting and seeding. Ont. Min. Nat. Resourc., Wawa, Ont. 14 p.

Haavisto, V.F. 1979. Some considerations for regenerating black spruce on peatlands in the Northern Clay Forest Section, Ontario. Environ. Can., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Report 0-X-295. 32 p., illus.

McRae, D.J. 1983. Propriétés physiques de quelques types de rémanents combustibles de l'Ontario. Environ. Can., Serv. can. for., Ottawa. Rev. rech. SCF 3 (2): 18.

Morrison, I.K. 1980. Full-tree harvesting: disadvantages from the forester's viewpoint. Pap. presented at 61st Annu. Meet., Woodlands Sec., Can. Pulp Pap. Assoc., Montreal, P.Q. 4 p.

Plonski, W.L. 1974. Normal yield tables (metric). Ont. Min. Nat. Resourc., Div. For., Toronto, Ont. 40 p.

Riley, L.F. 1975. Operational testing of planting machines in the boreal forest of Ontario. Reynolds-Lowther heavy duty crank axle planter. Min. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Report 0-X-219. 37 p. + appendices, illus.

Riley, L.F. 1980. The effect of seeding rate and seedbed availability on jack pine stocking and density in northeastern Ontario. Min. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Report 0-X-318. 36 p. + appendices.

Rowe, J.S. 1972. Les Régions forestières du Canada. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa. 172 p.

Van Wagner, C.E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. For. Sci. 14(1):20-26.

Van Wagner, C.E. 1982. Practical aspects of the line intersect method. Min. Environ., Serv. can. for., Petawawa, Ont. Inf. Rep. PI-X-12. 11 p.

ANNEXE A

DONNÉES TECHNIQUES SUR LES SCARIFICATEURS ET LES TRACTEURS

SCARIFICATEURS

SCARIFICATEUR À DISQUES TTS-35

type de disques	canadien
diamètre des disques	120 cm
nombre de dents/disque	9 (extrémité carrée)
longueur des dents	28 cm
puissance recommandée du tracteur	97 kW +
masse	1 750 kg
masse avec charge maximale	3 500 kg
réglage de l'angle: fin	5 x 6° par réglage grossier
grossier	réglage de 30°
entretien	6 points de graissage
options, attelages	joint à goupille
	joint de cardan (joint articulé)
	attelage Bräcke modifié
prix	26 500 $ avec anneau d'attelage en forme de "0", novembre 1984

Fabricants

Työtehoseura Ry
Metsäkoeasema
SF 05200 Rajamäki
FINLANDE

Tyovaline Oy (Finnish Agent)
Karapellontie 10
C.P. 7
02611 Espoo 61
FINLANDE

Distributeurs

KBM Forestry Consultants Inc.
360, rue Mooney
Thunder Bay (Ontario)
P7B 5R4

Hakmet Ltée
C.P. 248
Dorion (Québec)
J7V 7J5

SCARIFICATEUR LENO 77

roues à socs	2 roues à socs avec 4 paires de dents par roue
largeur des dents	14 cm
espacement des dents	180 cm
masse	1 800 kg
puissance recommandée du tracteur	60 kW +
longueur de scarifiage	le temps de scarifiage est infiniment réglable au moyen d'un bouton de commande
options	semoir
protection contre la surcharge	une commande hydraulique débloque les roues à socs lorsque la charge exercée sur la dent atteint environ 1 700 kPa
type d'attelage	joint articulé, boulonné à l'arrière du tracteur
prix	37 000 $, mai 1984

Fabricant

System Svedlund AB
C.P. 445
S-701 06 Örebro
SUÈDE

Distributeur

Canadian Forestry Equipment Ltée
90E, boulevard Brunswick
Dollard-des-Ormeaux (Québec)
H9B 2C5
(bureaux à Edmonton, Toronto et Fredericton)

BRÄCKE CULTIVATOR (DOUBLE)

roues à socs	2 roues à socs avec 4 paires de dents par roue
largeur des dents	10 cm
masse	3 000 kg
pneus	30,0 x 60,0 cm, 16 plis
puissance recommandée du tracteur	97 kW +
pignon d'entraînement	17 dents/pignon
options	modèle simple, double, quadruple semoirs remorque de transport pignons à 15 et 19 dents pour changer l'espacement des bandes de scarifiage roues à socs avec 5 paires de dents
attelage	type Bräcke
prix	34 590 $, attelage compris, novembre 1984

Fabricant

Robur Maskin AB
Gränsgatan 42
S-84060 Bräcke
SUÈDE

Distributeur

KBM Forestry Consultants Inc.
360, rue Mooney
Thunder Bay (Ontario)
P7B 5R4

TRACTEUR

DÉBARDEUSE À CÂBLE TIMBERJACK 350 TURBO

moteur	GM 3-53N/3 cylindres puissance nominale - 82 kW SAE au volant-moteur
transmission	convertisseur de couple - étage simple boîte de vitesses - "powershift", 3 vitesses marches avant et arrière

vitesses maximales de déplacement (pneus 24,5 x 32):

1re vitesse	2e vitesse	3e vitesse
5,8 km/h	12,4 km/h	33,4 km/h

pneus	24,5 x 32 - chaînes sur les roues avant pendant l'essai

DÉBARDEUSE À GRAPPINS INTERNATIONAL S-10

moteur	International DT-358 puissance nominale - 92,5 kW SAE au volant-moteur
transmission	convertisseur de couple - étage simple boîte de vitesses - "powershift", 4 vitesses de marche avant et 3 vitesses de marche arrière

vitesses maximales de déplacement (pneus ordinaires 23,1 x 26):

1re vitesse	2e vitesse	3e vitesse	4e vitesse
5,1 km/h	10,0 km/h	17,9 km/h	33,6 km/h

pneus	23,1 x 26 - chaînes sur les roues avant pendant l'essai

ANNEXE B

PARCELLES D'ÉVALUATION

Une version modifiée du système de parcelles décrit par Riley (1975) pour l'essai des planteuses a été utilisée dans la présente étude. Le but du système de parcelles/sous-parcelles est d'établir une relation entre d'une part le rendement de l'équipement en termes à la fois de productivité et de production liée à la préparation de l'emplacement et d'autre part les conditions du terrain avant le traitement. Chaque parcelle de 100 m de long sur 20 m de large (0,2 ha) contient cinq sous-parcelles de 20 m sur 20 m (0,04 ha) comme l'indique la figure B1. Les plus petites subdivisions facilitent l'analyse des données et le chronométrage des opérations mécanisées sur les parcelles. Trois parcelles ont été établies dans chacun des secteurs TE Leno et AE Leno et le secteur TE TTS. Cinq parcelles ont été établies dans chacun des autres secteurs.

Puisque toutes les évaluations à l'exception de l'étude chronométrique globale ont été faites sur les parcelles, les coins des parcelles sont marqués sur un côté par des poteaux de coin semi-permanents et toutes les sous-parcelles sont délimitées par des piquets portant des drapeaux pour faciliter leur localisation après le passage de l'équipement.

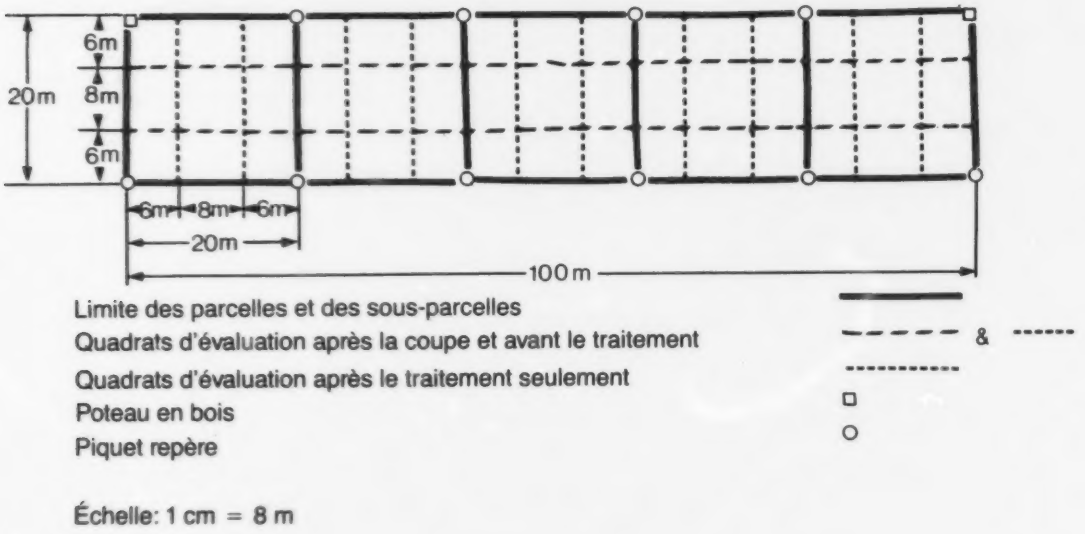


Figure B1. Tracé des parcelles pour les évaluations avant et après le traitement.

ANNEXE C

ÉVALUATION AVANT LE TRAITEMENT

Avant le traitement, les facteurs physiques pouvant faire obstacle aux instruments et leur capacité à créer des micro-emplacements propices au plantage ou à l'ensemencement ont été évalués.

Rémanents

Les rémanents ont été mesurés au moyen d'une version modifiée de la méthode d'échantillonnage linéaire. Des volumes, calculés selon la formule de Van Wagner (1968 et 1982), ont été mis en relation avec les propriétés physiques des rémanents en Ontario (McRae, 1982). La fréquence du matériel de 1 à 5 cm de diamètre a été enregistrée. La portion en bon état de matériel de plus de 5 cm de diamètre a été notée en catégories de 2 cm. Les volumes ont été calculés séparément pour le matériel de 1 à 5 cm de diamètre et celui de plus de 5 cm de diamètre. La fréquence du matériel de 1 à 5 cm de diamètre a été enregistrée sur 200 longueurs de 2 m d'échantillonnage linéaire dans chaque parcelle, tandis que les morceaux les plus grands ont été enregistrés sur 100 longueurs de 2 m. Les longueurs de toutes les tiges de rémanents de 5 cm de diamètre ont été enregistrées au point d'intersection avec le ruban d'échantillonnage. La longueur a été enregistrée sur 100 longueurs d'échantillonnage de 2 m dans chaque parcelle. L'épaisseur des rémanents a été mesurée en enregistrant la valeur la plus grande dans un rayon de 15 cm d'un bâton placé au centre de la longueur d'échantillonnage de 2 m. L'échantillon devait avoir au moins 1 cm de diamètre au point d'intersection. Une centaine d'échantillons ont été pris dans chaque parcelle. On a noté, au point de mesure de l'épaisseur, si les rémanents étaient surtout résineux ou feuillus.

Souches

L'espèce, le diamètre moyen (écorce comprise) et la hauteur de toutes les souches inférieures ou égales à 1,5 m de haut ont été enregistrées en classes de 2 cm dans 100 quadrats de 2 m sur 2 m dans chaque parcelle.

Arbres résiduels

Toutes les tiges résiduelles vivantes ou mortes (arbres et broussailles) de plus de 5 cm de dhp et de 1,5 m de haut ont été enregistrées par espèces en classes de 2 cm dhp dans 100 quadrats de 2 m sur 2 m dans chaque parcelle.

Broussailles

La fréquence des tiges (d'arbres et de broussailles) inférieures ou égales à 5 cm de dhp et supérieures à 1,5 m de hauteur et les principales espèces ont été enregistrées dans 100 quadrats de 2 m sur 2 m dans chaque parcelle.

Petite végétation

Le pourcentage, à 10 % près, de toutes les tiges ligneuses (arbres, brousailles, arbrisseaux) inférieur ou égal à 1,5 m de hauteur et les principales espèces ont été enregistrées dans 100 quadrats de 2 m sur 2 m dans chaque parcelle.

Inégalité du sol

L'inégalité du sol, mesure basée sur la fréquence, la hauteur et la profondeur des obstacles et des dépressions en surface, a été enregistrée dans cinq unités de 80 m^2 dans chaque parcelle. Les souches ont été mesurées séparément, mais ont été incluses dans le calcul de l'inégalité du sol. La méthode d'évaluation de l'inégalité du sol a été adaptée du système suédois de classification des terrains (Anon., 1969).

Épaisseur de sol minéral

L'épaisseur du sol a été mesurée en classes de 5 cm, jusqu'à un maximum de 35 cm, au centre de 100 quadrats de 2 m sur 2 m dans chaque parcelle.

Épaisseur de la litière (couches L, F, H)

L'épaisseur de litière a été mesurée en classes de 1 cm, jusqu'à un maximum de 30 cm, à 20 endroits représentatifs dans chaque parcelle.

Contenu en roche

Lorsque l'épaisseur du sol minéral a été mesurée, on a noté la présence de pierres ou de blocs de roche dans les premiers 30 cm de sol minéral.

État du sol

L'état du sol (Anon., 1969) est une mesure combinée du type de sol, de l'humidité du sol et de la teneur en pierres ou en blocs de roche. Au moins une fosse a été creusée dans du sol représentatif à côté de chaque parcelle. La texture du sol a été déterminée selon Belisle (1980). L'humidité du sol a été estimée lors du passage des instruments.

Pente

La pente a été mesurée en pourcentage sur cinq sections de 20 m de chacun des longs côtés de chaque parcelle.

ANNEXE D

RÉSUMÉ DES ÉLÉMENTS DE TRAVAIL

Résumé opérationnel

Voir le tableau D1 pour le résumé opérationnel des études chronométriques.

Principales réparations

TTS	- soudage d'une fissure dans le tube d'attelage Bräcke (1,66 h - secteur TE)
Leno	- redressement du bras qui relie le mécanisme de réglage au bâti principal (0,32 h - secteur AE)
	- réparation d'un raccord brisé par des débris (1,04 h - secteur TE)
	- retrait des chaînes de levage emmêlées dans l'instrument (0,41 h - secteur TE)
Bräcke	- câble emmêlé dans le treuil (0,29 h - secteur AE) (0,79 h - secteur TE)
	- remplacement du câble (0,50 h - secteur TE)
	- retrait d'une bille coincée entre la roue du Bräcke et le bâti de la machine (0,30 h - secteur TE)
Timberjack	- réparation du treuil (1,17 h - secteur AE)
	- réparation du cylindre de la lame (3,01 h - secteur TE)
	- réparation des chaînes des pneus (0,36 h - secteur TE)
	- réparation d'une conduite de transmission (0,73 h - secteur TE)
International	- réparation d'un raccord de conduite sur l'arceau de débardage (1,05 h - Bräcke - secteur AE)

Temps de travail non productif

Le temps de travail non productif a surtout consisté en temps nécessaire pour aller au garage ou au réservoir de carburant en vue de réparations et de travaux d'entretien importants. La seule exception a été les 20 minutes qu'il a fallu à l'opérateur pour sortir le Leno d'une ornière dans le secteur AE.

Tableau D1. Résumé opérationnel des études chronométriques (h)

Traitement		Éléments de temps											
			Machine				Opération						Machine et opération
			Réparation		Entretien			Attente de pièces		Attente de mécaniciens			
		Temps prévu	I[a]	T[b]	I	T	Temps de travail non productif	I	T	I	T	Retards divers	HMP (temps productif)
TTS:	tronc entier	13,95	1,66	-	0,20	0,38	0,52	-	-	-	0,30	-	10,85
	arbre entier	9,53	-	-	-	0,23	0.11	-	-	-	-	0,26	8,93
Leno:	tronc entier	22,84	1,05	4,10	-	0,08	1,05	0,83	0,37	0,62	0,27	0,50	13,36
	arbre entier	19,37	0,32	1,17	-	0,30	1,21	-	0,42	-	0,16	0,32	15,19
Brücke:	tronc entier	27,49	1,59	-	0,22	0,40	0,77	1,70	-	0,32	-	0,88	16,61
	arbre entier	12,90	0,29	1,05	0,20	0,40	0,31	-	-	-	0,49	-	10,16

Formules de temps-machine (%)

Traitement		Disponibilité mécanique			Disponibilité ACPPPC	Utilisation
		I	T	I + T combinés		
TTS:	tronc entier	85,1	96,6	82,6	81,5	77,8
	arbre entier	100	97,9	97,9	97,5	93,7
Leno:	tronc entier	90,2	76,2	70,1	69,3	58,5
	arbre entier	96,2	91,1	88,0	86,3	78,4
Brücke:	tronc entier	90,2	97,7	89,2	81,2	73,9
	arbre entier	95,2	87,9	83,8	83,6	78,6

[a] I = instrument.
[b] T = tracteur.
[c] Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers.

Retards divers

Les retards personnels ont été la principale cause des retards divers si ce n'est l'attente de 19 minutes avant qu'une débardeuse ne vienne tirer le Leno d'une ornière dans le secteur AE.

Définition des éléments de temps-machine

HEURES-MACHINE PRÉVUES (HM): Temps nominal prévu pour une utilisation régulière de la machine (c'est-à-dire journée de huit heures). Correspond généralement aux heures de travail payées au conducteur.

TEMPS-MACHINE PRODUCTIF ou HEURES-MACHINE PRODUCTIVES (HMP): Partie du temps-machine total pendant laquelle la machine accomplit sa fonction primaire.

RÉPARATION ACTIVE: Réparation signifie remise en état ou remplacement de pièces à la suite d'une panne ou d'un fonctionnement défectueux. Comprend aussi les modifications ou les améliorations apportées à la machine.

ENTRETIEN: Travaux d'entretien courant et préventif accomplis pour maintenir la machine dans un état de fonctionnement satisfaisant.

RETARD: Portion des HM pendant laquelle la machine n'accomplit pas sa fonction primaire pour des raison autres que des réparations actives ou des travaux d'entretien. Le temps de retard se répartit en:

TEMPS DE TRAVAIL NON PRODUCTIF: Partie de la journée de travail pendant laquelle la machine fonctionne sans accomplir sa fonction primaire.

ATTENTE DE MÉCANICIENS: Temps de la journée de travail pendant lequel la machine est en panne et n'est pas réparée faute de mécanicien.

ATTENTE DE PIÈCES: Temps de la journée de travail pendant lequel la machine est en panne et n'est pas en réparation faute de pièces.

RETARDS DIVERS: Temps de la journée de travail pendant lequel la machine ne fonctionne pas pour des raisons autres que des réparations actives, des travaux d'entretien ou des attentes de réparations ou de travaux d'entretien.

Modèle de temps-machine total

temps-machine total	temps-machine productif[a]	
(journée normale plus	réparation active	
temps supplémentaire)	entretien actif	
	retards	temps de travail non productif
		attente de mécaniciens
		attente de pièce
		retards divers

[a]La répartition des éléments de temps pour l'étude à court terme est donnée au tableau D1.

Formules de temps-machine

$$\text{Utilisation} = \frac{\text{HMP (pendant la journée de travail)}}{\text{HM}} \times 100$$

$$\text{Utilisation du temps total} = \frac{\text{HMP (pendant et en dehors de la journée de travail)}}{\text{HMP + temps supplémentaire}} \times 100$$

$$\text{Disponibilité mécanique} = \frac{\text{HMP}}{\text{HMP + réparations + entretien}} \times 100$$

(Les HMP, les réparations et l'entretien comprennent toute activité pendant et en dehors de la journée de travail.)

$$\text{Disponibilité ACPPP} = \frac{\text{HM - (réparations + entretien + attente (pièces + mécanicien))}}{\text{HM}} \times 100$$

(Les réparations et l'entretien comprennent seulement du temps pendant la journée de travail.)

La disponibilité ACPPP dépend par définition non seulement des caractéristiques de la machine mais aussi des facteurs opérationnels (par exemple attente de pièces ou attente d'un mécanicien). La disponibilité mécanique ne comprend pas ces facteurs opérationnels.

Pour les détails concernant les définitions des éléments de temps-machine, se référer à Folkema et coll., 1981.

Définition des éléments de temps de l'étude à court terme

Les HMP enregistrées lors des chronométrages continus ont été réparties en les éléments suivants.

TEMPS PRODUCTIF EFFECTIF (TPE) (SCARIFIAGE): Commence lorsque l'instrument pénètre le sol et que le tracteur commence à avancer. Le TPE peut comprendre le temps effectif de scarifiage pendant qu'un instrument à dételage rapide est tiré au treuil.

MANOEUVRE (VIRAGE): Se produit entre le moment où le scarifiage termine un aller et le moment où il entreprend le retour. Pour le Leno, cet élément comprend le temps requis pour lever l'instrument, virer et abaisser l'instrument. Pour le Bräcke et le TTS, comme l'instrument reste au sol, l'élément commence à la fin d'un aller et se termine quand le scarificateur est aligné pour le retour. Si l'on utilise le treuil, les temps de dévidage et d'enroulement sont pris en compte spécialement si ces opérations sont effectuées sur une surface déjà scarifiée et sous un petit angle.

Les manoeuvres sont réparties selon le type de virage: virage aller-retour, virage juxtaposé ou virage irrégulier.

OBSTRUCTION: Temps entre un arrêt causé par un obstacle et la reprise du scarifiage. Comprend divers éléments selon le scarificateur. Avec le Leno, comprend le temps pendant lequel l'appareil était coincé, le temps pour relever l'instrument, le temps pendant lequel on déplace le Leno avant de l'abaisser et de reprendre le scarifiage. Avec les instruments munis d'un attelage Bräcke, le temps d'obstruction comprend le temps pendant lequel l'appareil était coincé, le temps de marche avant pendant que le treuil se dévide puis le temps de marche arrière après le dévidage. L'obstruction s'achève dès que

l'instrument est rappelé au travail. Selon la cause, le temps d'obstruction est attribué soit à l'instrument, soit au tracteur.

DÉPLACEMENT: Temps de déplacement dans le secteur ou en bordure de la route entre les pannes, les réparations, les repas et le début et la fin de la journée de travail. Comprend aussi le temps de déplacement d'un endroit à l'autre, s'il est inférieur à 15 minutes.

RETARD: Comprend les retards compris entre 0,05 et 15 minutes. Les retards dépassant 15 minutes n'ont pas été considérés comme faisant partie du temps productif. Un retard est tout temps d'arrêt et de travail non productif.

ANNEXE E

ÉVALUATION APRÈS LE TRAITEMENT

La préparation du terrain a été évaluée quantitativement et qualitativement en termes de production d'emplacements propices au plantage de pin gris en récipients Paper pot et de surface réceptive (lit de germination) pour le pin gris. L'unité d'échantillonnage de base était un quadrat de 2 m sur 2 m. Dix transects de 10 quadrats contigus chacun ont été alignés perpendiculairement à la direction de scarifiage dans chaque parcelle d'échantillonnage. Chaque quadrat a été considéré comme étant indépendant, donc insensible aux conditions des quadrats voisins. On a noté si des quadrats se trouvaient dans une bande scarifiée. Le nombre de placettes ou de sillons dont au moins la moitié de la surface se trouvait dans le quadrat a été aussi enregistré.

Plantabilité

Dans chaque quadrat, on a choisi et décrit le meilleur micro-emplacement et vérifié sa plantabilité. La méthode d'évaluation utilisée est une version modifiée d'un système conçu par Greenwood (1982). Un micro-emplacement propice a été défini comme une placette d'environ 30 cm^2 réunissant les meilleures conditions pour chacune des quatre catégories suivantes. Note: "P" signifie propice, "M" marginalement propice et "NP" non propice au plantage.

Épaisseur de litière (couches L, F, H)

P $\leq$ 1,5 cm
M > 1,5 cm $\leq$ 3 cm
NP > 3 cm

Débris (aiguilles, écorces, brindilles, tiges, racines, etc.)

P Aucun. Aucun débris ou débris ne pouvant nuire au plantage à la main ou à la survivance des plants.

M Léger. Partiellement couvert de débris de telle sorte que le planteur doit déplacer de petites quantités de matériaux avant de planter.

NP Beaucoup. Couvert complètement ou en grande partie par des débris de telle sorte que le planteur doit modifier le micro-emplacement avant de planter.

Concurrence végétale

P Aucune.

M Concurrence de végétation herbacée seulement.

NP Concurrence de végétation ligneuse.

Type de modification sol/litière

P 1. Sol minéral exposé avec base ferme ou
2. Mélange de sol minéral et de litière mince (≤ 1,5 cm) qui peut se tasser rapidement en une base ferme ou
3. Litière mince (≤ 1,5 cm) sur sol minéral ferme.

M 1. Sol minéral amoncelé sur sol minéral ferme ou
2. Mélange de sol minéral et de litière modérément épais (> 1,5 cm ≤ 3 cm) sur base ferme ou
3. Litière modérément épaisse (> 1,5 cm ≤ 3 cm) sur sol minéral ferme.

NP 1. Sol minéral excessivement exposé en profondeur; par exemple horizon "C" ou
2. Sol minéral amoncelé sur litière ou débris épais ou
3. Mélange de sol minéral et de litière épais (> 3 cm) ou
4. Litière épaisse (> 3 cm) ou
5. Couche de gazon retourné, ou
6. Autres, tels que litière amoncelée, roc affleurant, eau, etc.

S'il n'y a pas de micro-emplacement qui satisfait tous les critères de plantabilité susmentionnés, on peut choisir un micro-emplacement marginalement propice ou, si c'est nécessaire, non propice, comme le meilleur emplacement. On a utilisé un tube à planter Pottiputki pour vérifier si l'emplacement choisi était pénétrable. S'il ne l'était pas, on choisissait un autre endroit.

L'emplacement retenu a été décrit en termes des catégories P, M ou NP définies ci-dessus. De plus, on a pris note des conditions suivantes:

Pénétration

P Pénétration totale
NP Roche
Tapis de racines
Débris
Eau

Origine de l'emplacement à planter

Créé par l'instrument
Créé par le tracteur (lors de la coupe ou du scarifiage)
Perturbation naturelle
Aucune perturbation

Microrelief de l'emplacement

Plat
Soulevé
Penché
Creux

Les emplacements créés par l'instrument ont été choisis en priorité comme endroits plantables. Ce n'est que si les emplacements créés par l'instrument étaient marginalement propices qu'on leur préférait les emplacements propices créés par d'autres moyens, le cas échéant. De même, on préférait les emplacements marginalement plantables créés par l'instrument à ceux créés par d'autres causes. En termes de microrelief, les emplacements préférés étaient les perturbations de sol propices sur le côté des placettes ou des sillons, près de l'interface du sol minéral et de l'humus.

Perturbation

Quantité

Le pourcentage total (à 5 % près) de sol ou de litière perturbé par l'instrument dans chaque quadrat a été noté. La perturbation combinée résultant de la coupe, du passage du

tracteur et de l'instrument et de causes naturelles a été aussi notée. La perturbation est définie ainsi:

1. Sol minéral exposé ou déplacé
2. Litière réduite, tassée (moins de la moitié de la profondeur non perturbée) ou déplacée
3. Roc affleurant et couvert auparavant de litière ou de sol minéral.

Note: Les rémanents, la végétation et la roche déplacés n'ont pas été inclus.

Qualité

Le pourcentage total de surface, à 1 % près, dans chacune des catégories de perturbation du sol P et M énumérées dans le paragraphe "Type de modification de sol et de litière a été enregistré pour un quadrat sur deux. Une distinction a été faite entre les perturbations créées par l'instrument et les perturbations créées par d'autres causes. La catégorie de perturbation P correspond étroitement à la définition de lit de germination réceptif donnée par Riley (1980).

Dimensions des placettes/sillons

Dans chaque parcelle des secteurs AE, on a mesuré la longueur et la largeur moyennes de la partie creusée de 10 placettes ainsi que la longueur hors-tout des placettes, y compris la section creusée et la section des rebords. Pour les sillons creusés par le TTS, on a mesuré dans chaque parcelle, sur 10 longueurs de 2 m, la largeur moyenne de la perturbation sous-niveau ainsi que la largeur hors-tout des sillons, y compris les rebords.